

THESE présentée
pour l'obtention
du
DIPLOME D'ETUDES DOCTORALES
(mention Sciences)

l'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

- Paris 6 -

par Laurent RIVIERE

ETUDE DE L'EVOLUTION DES PEUPLEMENTS NATURELS
D'OKOUME (Aucoumea Klaineana Pierre) DANS
LE SUD-ESTUAIRE DU GABON

CONSTRUCTION DE TABLES DE CROISSANCE PROVISOIRES

soutenue le 16 juin 1992 devant la commission composée de
Messieurs:

H. PUIG	Professeur à l'Université Paris 6
G. CUSSET	Professeur à l'Université Paris 6
J. BEDEL	Professeur à l'E.N.G.R.E.F (Montpellier)
H.F MAITRE	Chef du programme "aménagement forestier" (C.T.F.T)
F. GRISON	Adjoint au directeur scientifique (C.T.F.T)

" L'OKOUME EST LA CHANCE DE LA FORET GABONAISE, CELLE QUI, EXPLOITEE A FOND, POURRAIT FAIRE DU GABON, DANS L'AVENIR, LE PLUS RICHE PAYS FORESTIER DU MONDE TROPICAL."

Pr A.AUBREVILLE : " Richesse et misères des forêts de l'Afrique noire française." - 1947.

ABREVIATIONS UTILISEES

C.I.R.A.D	:	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
C.T.F.T	:	Centre Technique Forestier Tropical
F.A.C	:	Fonds d'Aide de la Coopération Française
F.A.O	:	Food and Agriculture Organization
F.E.D	:	Fonds Européen de Développement
I.G.N	:	Institut Géographique National
M.A.B	:	Man and the biosphere, programme U.N.E.S.C.O
O.R.S.T.O.M	:	Institut Français en Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
P.D.F.G	:	Projet de développement forestier du Gabon
S.T.F.O	:	Société Technique de la Forêt d'Okoumés
U.N.E.S.C.O	:	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

LOGICIELS UTILISES

Ce document a été rédigé avec l'aide des logiciels suivants :

1 - WORD PERFECT 5.0 licence d'exploitation n° WP 033 089629

Propriétaire : Projet savanes côtières
B.P. 1888 Libreville.

2 - SUPERCALC 5.0 licence d'exploitation n° 8909016

Propriétaire : C.I.R.A.D
42, rue Schaeffer
75016 Paris

RESUME

L'Okoumé, *Aucoumea klaineana* Pierre, essence dominante du Gabon, par son tempérament pionnier a la particularité de former des peuplements purs.

Très abondants dans la région du Sud-Estuaire, ces peuplements relativement mal connus, n'ont été étudiés que d'une façon empirique.

Avant un aménagement basé sur la méthode d'amélioration des peuplements naturels, il convient de faire le point sur leur évolution.

A partir d'un réseau de parcelles permanentes en place depuis 1987 et d'un programme d'analyse de tiges sans précédent, nous avons pu étudier l'évolution de la composition floristique, de la structure et des paramètres dendrométriques. L'histoire de tous ces peuplements a été retracée, mais l'objectif final de l'étude est la construction d'une table de production pour l'ensemble des peuplements naturels de la région.

Les résultats obtenus servent d'analyse et de point de départ pour un aménagement du Sud-Estuaire.

REMERCIEMENTS

Je voudrais particulièrement remercier Monsieur F. CAILLIEZ, Directeur du C.T.F.T, Département du C.I.R.A.D qui m'a incité à réaliser cette étude afin de mettre en valeur le travail effectué depuis 1987 au sein du projet "Aménagement forestier en zone de savanes côtières".

Ces travaux se sont déroulés sous la tutelle du Ministère des Eaux et Forêts du Gabon. Je remercie donc Monsieur J. ROGOMBE, Directeur Général des Eaux et Forêts pour son aide et son accueil.

J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur le Professeur H. PUIG pour m'avoir accueilli dans son laboratoire de botanique tropicale de l'Université Pierre et Marie CURIE (Paris 6). Je le remercie respectueusement d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Je tiens à remercier toute l'équipe du programme "Aménagement forestier" du C.T.F.T, en particulier Monsieur H.F. MAITRE pour son appui technique de tout moment, Madame L. GERARD et Monsieur B. GABORIAU qui ont également contribué à la mise en forme de ce document.

Je tiens également à remercier Madame H. LAFORGE qui a pu régler tous mes problèmes administratifs ainsi que Madame N. BLANC et Monsieur G. BURILLON du Laboratoire de Biométrie qui m'ont aidé à traiter les données récoltées au Gabon.

Ce travail n'aurait pu être réalisé sans l'aide permanente de Monsieur G. DUFOULON, Chef du "Projet savanes côtières" et Conseiller auprès du Directeur Général des Eaux et Forêts. Qu'il me soit permis de lui exprimer ma plus vive gratitude.

Je remercie Monsieur J. MEUNIER, correspondant du C.I.R.A.D au Gabon et son successeur P. de VERNOU, ainsi que Monsieur Ph. FOURGEAUD, conseiller à la Mission d'Aide et de Coopération à Libreville et responsable des Projets F.A.C. pour tout leur soutien.

Enfin, je voudrais remercier tous les gens qui m'ont aidé et soutenu pendant tout mon séjour au Gabon dont J.M. MINKOUE qui m'a assisté pour toutes les opérations de terrain et toute l'équipe du Projet Fac à Oyane.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
--------------------	---

PREMIERE PARTIE : LA FORET GABONAISE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA FORET AU GABON.

1 GENERALITES	5
2 LA VEGETATION	5
21 Les savanes	5
22 Les formations hygrophiles	7
23 La forêt	7
3 L'OKOUME	8
31 Description botanique	8
32 Dendrologie et utilisation	10
4 L'EXPLOITATION FORESTIERE	11
41 Période antérieure à 1920	11
42 Période de 1920 à 1945	11
43 Période de 1945 à 1965	12
44 Période de 1965 à 1975	14
45 Période de 1975 à nos jours	14
5 L'EVOLUTION DU PATRIMOINE	14

CHAPITRE II : REGENERATION ET DYNAMIQUE DE L'OKOUME.

1 LA REGENERATION NATURELLE	16
11 Définition	16
12 Particularité de l'Okoumé	16
13 Dispersion des graines	16
14 Comportement des semis	17
15 Conditions de la régénération de l'Okoumé ...	17

2	LA DYNAMIQUE DE L'OKOUME	17
21	Causes anciennes de la dispersion de l'Okoumé.	17
22	Observations dans le Sud-estuaire	19
3	PERSPECTIVES D'AVENIR	19

CHAPITRE III : LA SYLVICULTURE DE L'OKOUME

1	L'AMELIORATION DES PEUPLEMENTS NATURELS	20
11	Importance des travaux réalisés	20
12	Conclusion	21
2	LA FORET ARTIFICIELLE D'OKOUME	22

<p>DEUXIEME PARTIE : ETUDE DU MILIEU. LE MASSIF DU SUD-ESTUAIRE</p>

CHAPITRE I : CLIMAT, RELIEF, GEOLOGIE, SOLS

1	LE CLIMAT	25
2	LE RELIEF	28
3	LA GEOLOGIE	28
4	LES SOLS	29
41	Morphopédologie	29
42	Les sols de la région d'Oyane	32
421	Les sols de savanes	32
422	Les sols sous forêt	33

CHAPITRE II : LA VEGETATION.

1	INTRODUCTION	35
2	DESCRIPTION DES FORMATIONS VEGETALES	35
21	La forêt côtière	35

22	Les savanes ou "plaines côtières"	35
221	Description	36
222	Origine des grandes plaines	36
23	Les lisières	38
24	Les recrûs	39
25	Les formations marécageuses	40
26	La mangrove	40
27	La côte soumise aux embruns	40

<p style="text-align: center;">TROISIEME PARTIE : LE PROJET "AMENAGEMENT FORESTIER EN ZONE DE SAVANES COTIERES"</p>

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU PROJET.

1	PRESENTATION	42
2	OBJECTIFS DE RECHERCHE	42
3	CHOIX DU SITE	43

CHAPITRE II : LES PARCELLES D'ETUDE.

1	PRESENTATION	44
2	MESURES	46
21	Dans les jeunes peuplements	46
22	Dans les autres parcelles	46
3	CALENDRIER DES OPERATIONS	47
4	TRAITEMENT SYLVICOLE	49
41	Description de l'intervention sylvicole	49
42	Modalités pratiques d'intervention	49
43	Intensité de l'éclaircie	51
48	Efficacité de l'éclaircie	53
5	TRAITEMENT DES DONNEES	54
51	Les jeunes parcelles	54
52	Les autres parcelles	55

**QUATRIEME PARTIE : COMPOSITION ET STRUCTURE
DES PEUPELEMENTS NATURELS**
CHAPITRE I : LA COMPOSITION FLORISTIQUE DES PEUPELEMENTS

1	INTRODUCTION	57
2	LES DIFFERENTES ETAPES DE LA VIE D'UN PEUPELEMENT .	58
21	La régénération naturelle (0-10 ans)	59
211	Période 0-5 ans	59
212	Période 5-10 ans	60
22	Deuxième étape : période 10-20 ans	60
23	Troisième étape : période 20-30 ans	61
24	Quatrième étape : période 30-40 ans	62
25	Cinquième étape : période 40 ans et plus	62
26	Conclusion	63
3	COMPORTEMENT DE QUELQUES ESSENCES FORESTIERES	63
31	Les espèces à tempérament héliophile	63
32	Les espèces à tempérament héliophile supportant l'ombre	63
33	Les espèces à tempérament sciaphile	64
34	Tableau récapitulatif des fréquences de quelques espèces	64

**CHAPITRE II : ETUDE DE LA DENSITE EN OKOUME DANS LES
PEUPELEMENTS NATURELS**

1	INTRODUCTION	65
2	LES DENSITES RENCONTREES DANS LES PEUPELEMENTS NATURELS	66
21	Observations précédentes	66
22	Densités rencontrées dans les parcelles d'étude	67
23	Evolution de la densité avec le temps	68
24	Variation de la densité sur une courte période (2 à 3 ans)	70

3	LES FACTEURS INTERVENANT SUR LA DENSITE	71
31	Introduction	71
32	La qualité de la régénération naturelle	71
33	L'action dévastatrice des éléphants	72
34	La concurrence interspécifique	74
35	La concurrence intraspécifique	75
4	CONCLUSION	78

CHAPITRE III : LA STRUCTURE VERTICALE DES PEUPEMENTS **(étude des différentes strates)**

1	INTRODUCTION	79
2	DEFINITION DES DIFFERENTES STRATES DU PEUPEMENT	79
3	DYNAMIQUE DES STRATES	80
31	Evolution générale avec le temps	80
32	Passage des Okoumés d'une strate à l'autre ..	83
321	Introduction	83
322	Méthodologie et résultats	83
4	LES ANASTOMOSES RACINAIRES	85

CHAPITRE IV : LA STRUCTURE DIAMETRIQUE DES PEUPEMENTS

1	DEFINITIONS	88
2	STRUCTURE DIAMETRIQUE TOTALE DES PEUPEMENTS	88
21	Présentation	88
22	Commentaires des différents histogrammes	91
3	STRUCTURE DIAMETRIQUE DES OKOUMES DOMINANTS	92
31	Introduction	92
32	Représentation graphique des distributions ...	92
33	Vérification de la normalité des distributions	92
34	Conclusion	94

CHAPITRE V : LA STABILITE DES PEUPELEMENTS D'OKOUMES
(Le rapport H/D)

1	DEFINITIONS	95
2	ETUDE AU NIVEAU DU PEUPELEMENT	95
21	Fragilité théorique des peuplements	95
22	Dégâts constatés sur le terrain	97
23	Conclusion	97

CINQUIEME PARTIE : LES ANALYSES DE TIGES

1	INTRODUCTION ET PRINCIPE DE L'ETUDE	98
11	Introduction	98
12	Utilisation de la hauteur dominante comme indicateur de fertilité	98
13	Principe des analyses de tiges	99
2	METHODOLOGIE	99
21	Croissance en diamètre	99
22	Croissance en hauteur	100
3	NATURE DES CERNES DE L'OKOUME	102
4	OBTENTION DES DONNEES	102
41	Modalités pratiques	102
42	Choix des arbres	105
5	TRAITEMENT DES DONNEES	105
51	Travaux précédents	105
52	Application des données au projet	107
521	Présentation des données	107
522	Calcul des différentes régressions	109
523	Restrictions	110
53	Recherche d'un modèle cohérent	110
54	Ajustement en partie commune	112
6	UTILISATION	113
7	CONCLUSION	116

SIXIEME PARTIE: ELABORATION DES MODELES D'EVOLUTION
DES PEUPLEMENTS NATURELS D'OKOUMES

CHAPITRE I : DEFINITION ET TERMINOLOGIE

1	DEFINITION	117
2	TERMINOLOGIE	117
21	Les facteurs indépendants de la sylviculture .	117
22	Les notations d'éclaircie	118
23	Les facteurs liés à la sylviculture	119

CHAPITRE II : CONSTRUCTION DE LA TABLE

1	PRINCIPE GENERAL	122
2	LES PARCELLES PERMANENTES	123
3	METHODES DE CONSTRUCTION DES TABLES DE PRODUCTION .	124

**CHAPITRE III : RAPPEL SUR L'EVOLUTION DE LA DENSITE DE
L'ETAGE DOMINANT**

1	UTILISATION DE LA DENSITE POUR LA CONSTRUCTION DES TABLES	126
2	EVOLUTION DE LA DENSITE DANS QUELQUES PEUPLEMENTS .	126
3	CONCLUSION	127

**CHAPITRE IV : DETERMINATION DE LA RELATION
 $C_g = g (H_0, S)$**

1	INTRODUCTION	128
---	--------------------	-----

2	ETABLISSEMENT DE LA RELATION $C_0 = h(H_0)$	128
21	Présentation	128
22	Résultats et commentaires	128
23	Conclusion	130
3	ETABLISSEMENT DE LA RELATION $C_g = i(H_0, S)$	130
31	Présentation	130
32	Résultats et commentaires	132
33	Détermination de la surface terrière	133
34	Conclusion	134

CHAPITRE V : LA CROISSANCE EN VOLUME

1	CHOIX DU TARIF DE CUBAGE	135
11	Les tarifs existants	135
12	Construction d'un tarif de cubage	135
13	Pondération de la régression	138
13	Utilisation	138
3	CONCLUSION	139

CHAPITRE VI : PRESENTATION DE LA TABLE DE PRODUCTION POUR DEUX TYPES DE STATIONS

1	UTILISATION DES RELATIONS	140
11	Méthode de calcul	140
12	Choix des peuplements	140
2	PRESENTATION DES TABLES	141
3	UTILISATION DE LA TABLE	146

CHAPITRE VII : ETUDE DE L'EVOLUTION DES PEUPEMENTS

1	EVOLUTION DU DIAMETRE MOYEN DANS LE TEMPS	147
2	EVOLUTION DE L'ACCROISSEMENT EN DIAMETRE DANS LE TEMPS	149

3	EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES ACCROISSEMENTS EN VOLUME	153
31	Evolution de la production	153
32	Evolution de l'accroissement en volume	154
4	RECOLTE ESCOMPTEE ET AGE D'EXPLOITABILITE	158
41	Introduction	158
42	Rappel sur la dispersion des diamètres	158
43	Résultats	159
5	CONCLUSION	160

CONCLUSION GENERALE ET DISCUSSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION

Le Gabon est un pays forestier par excellence. Il a le quasi-monopole de l'Okoumé, *Aukoumea klaineana* Pierre essence reine de la forêt gabonaise. Soucieux de préserver la pérennité de cette espèce exploitée sans relâche depuis un siècle, le Service forestier du Gabon a entrepris entre 1950 et 1957 des actions d'amélioration des peuplements naturels. Ces actions, très exigeantes en encadrement furent menées sur 120.000 hectares dans le bassin sédimentaire, pour être finalement abandonnées au profit des plantations artificielles en laissant en suspens plusieurs questions :

Quel est l'effet des interventions sylvicoles sur la croissance des arbres ?

Quels sont les meilleures modalités d'application ?

Quel est le gain de production induit ?

Quelle est la rentabilité ?

Afin de répondre à ces questions, les Autorités gabonaises, avec l'aide de la Coopération française (F.A.C.) et du Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.) décidèrent d'entreprendre le "Projet aménagement forestier en zone de savanes côtières". Ce projet poursuit deux objectifs :

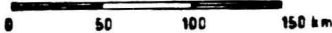
- mettre au point de méthodes simples d'amélioration des peuplements naturels d'Okoumés en déterminant les coûts d'intervention et les croissances obtenues.
- étudier les phénomènes de régénération en lisière forêt-savanes et la dynamique des formations forestières au contact des savanes en fonction des feux saisonniers.

La région du sud-estuaire, cadre de ce projet, a été soustraite à l'exploitation forestière dans la perspective d'un aménagement durable. Cette zone, très peuplée il y a encore quarante ans quand les chantiers forestiers étaient encore actifs, s'est dépeuplée à la fermeture de ceux-ci. La forêt défrichée, pour des cultures vivrières, se reconstitua en véritables peuplements riches en Okoumés. C'est au sein de ces peuplements qu'a été matérialisé un des deux dispositifs du projet.

La présente étude a pour but de décrire la dynamique des peuplements naturels, de les dater, de reconstituer leur histoire par la méthode des analyses de tiges, et de modéliser leur croissance. Ce travail de datation des peuplements naturels n'a jamais été réalisé sur un échantillon d'arbres aussi important.

Après une description de la forêt gabonaise, de la région du sud-estuaire et du projet "savanes côtières" dans les trois premières parties, nous décrirons les caractéristiques des peuplements naturels. Leur composition floristique, leur structure et leur dynamique seront étudiées dans la quatrième partie.

Nous conclurons par la description et les résultats des analyses de tiges et par la mise au point des tables de croissance de l'étage supérieur des peuplements naturels riches en Okoumé.



REPUBLIQUE DU GABON

LOCALISATION DU PROJET "SAVANES COTIERES"



PREMIERE PARTIE : LA FORET GABONAISE

<p>CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA FORET AU GABON</p>

1 - GENERALITES

A cheval sur l'équateur, avec ses 267.670 Km² en majorité recouverts par la forêt dense, le GABON est un pays où il existe une longue tradition forestière. Les travaux réalisés sur la forêt gabonaise sont nombreux et l'on peut notamment retenir ceux du Pr A. AUBREVILLE (1948), G. de SAINT AUBIN (1963), et de P. NICOLAS (1977) sur les formations végétales. Ceux de J. BIRAUD (1958 et 1959), R. CATINOT (1965), J. LEROY-DEVAL (1976), et tous ceux du C.T.F.T puis de l'I.R.A.F. sur l'Okoumé et sa sylviculture.

2 - LA VEGETATION (d'après G. de SAINT AUBIN, 1963)

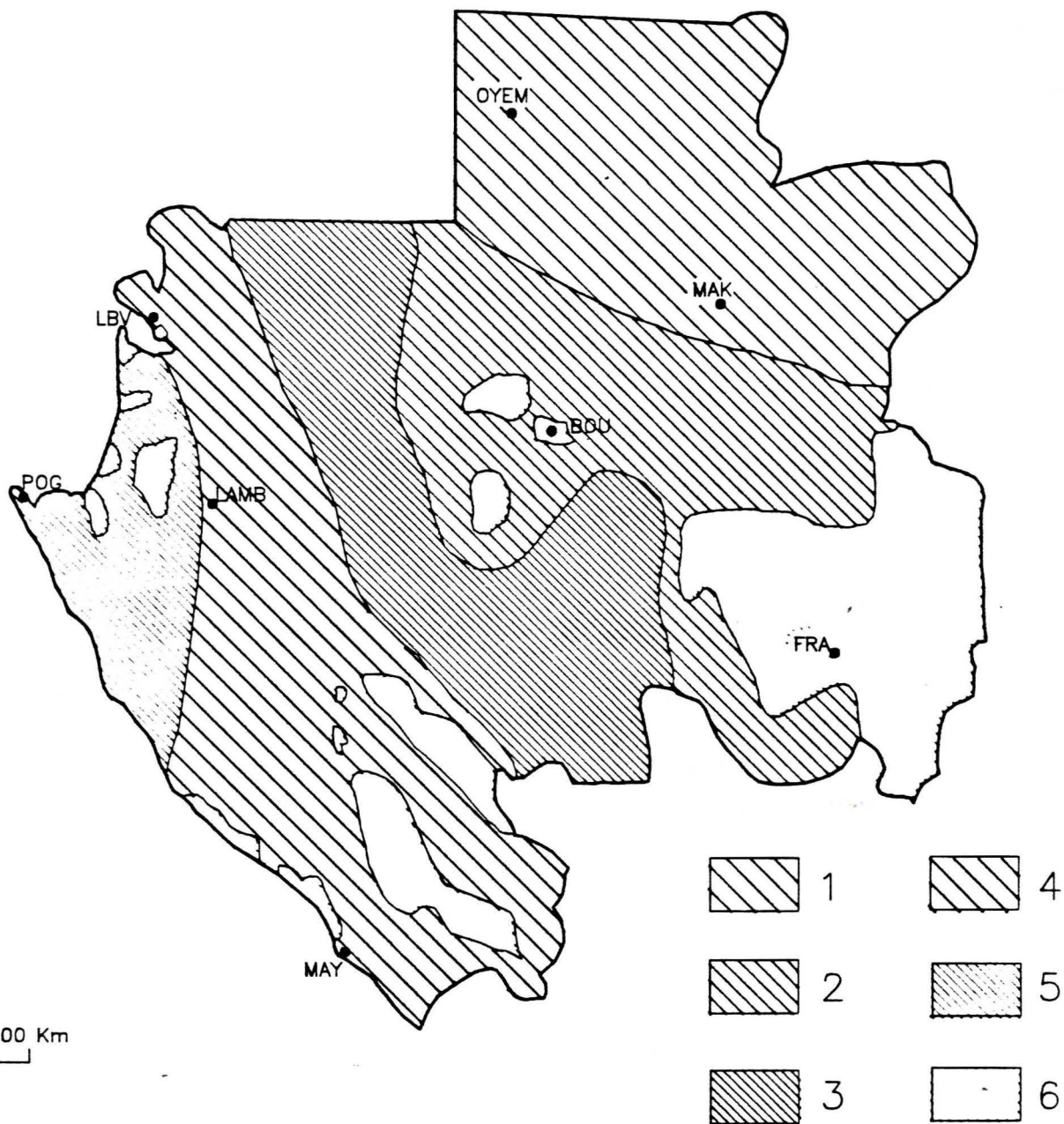
21 Les savanes. (carte 3, n° 6)

Les savanes n'occupent que 15 % de la surface du pays. Elles forment trois ensembles :

- Le premier dans la série des cirques dans le sud-estuaire où l'on rencontre une mosaïque forêt-savanes herbeuses.
- Le second dans le sud du Gabon où le terrain schisto-calcaire est recouvert en presque totalité par des savanes claires arbustives, découpées de galeries forestières.
- Le troisième dans l'est du Gabon,
 - . d'une part, la région de Franceville est occupée par des grandes savanes au milieu desquelles subsistent des lambeaux de forêt aux lisières très découpées.
 - . d'autre part, à l'extrême est, les plateaux Batekés au sol sableux, sont recouverts d'une savane herbeuse.

LES REGIONS FORESTIERES DU GABON

D'APRES PAUL NICOLAS (1977)



DESSIN : PROGRAMME AMENAGEMENT FORESTIER - CIRAD/CTFT - JUILLET 1991

- | | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 - FORET DU NORD-EST | 4 - FORET DU BASSIN SEDIMENTAIRE (TYPE I) |
| 2 - FORET INTERMEDIAIRE | 5 - FORET COTIERE (TYPE II) |
| 3 - FORET DES MONTS DE CRISTAL ET DE CHAILLU | 6 - SAVANES |

22 Les formations hygrophiles.

- * La mangrove à *Rhizophora racemosa* qui remonte assez loin dans les estuaires.
- * Les formations marécageuses dans le delta de l'Ogooué et au bord des grands lacs où les *Papyrus*, *Cyperus papyrus* sont parfois dominés par quelques arbres (*Anthostema aubrianum*, *Hallea ciliata*, *Alstonia boonei*).

En dehors de ces formations édaphiques particulières, c'est la forêt dense qui constitue l'essentiel des formations végétales.

23 La forêt.

On distingue trois types de forêt (cf carte n° 3):

- * **La forêt côtière.**(carte 3, n° 5)

C'est la forêt à Okoumé, *Aucoumea klaineana* et Ozouga, *Sacoglottis gabonensis* de type II décrite par SAINT AUBIN. Elle correspond à peu près aux affleurements sédimentaires tertiaires à nappe phréatique proche. Elle est floristiquement pauvre. Nous aurons l'occasion de l'étudier en détail dans le chapitre II de la deuxième partie.

- * **La forêt centrale gabonaise** comprenant :

La forêt du bassin sédimentaire ou forêt à Okoumé et à Ozigo, *Dacryoides buettneri* - Alep, *Desbordesia glaucescens* du type I de SAINT AUBIN. Hormis la bande couverte par la forêt côtière, elle est présente dans tout le bassin sédimentaire. Les espèces principales sont : l'Okoumé, l'Ozigo, l'Alep et l'Omvong, *Dialium pachyphyllum*. (carte 3, n° 4)

La forêt des Monts de Cristal et du Chaillu qui diffère de la précédente par l'abondance du Ghéombi, *Sindoropsis le Testui*, les Andoungs, *Monopetalanthus spp*, et l'Ekaba *Tetraberlinia bifoliolata*. (carte 3, n° 3)

La forêt intermédiaire avec la forêt côtière. La fréquence de l'Ozouga augmente au détriment de celle de l'Alep. (carte 2, n° 2)

* La forêt du nord-est. (carte 3, n° 1)

C'est une forêt nettement distincte de celle du reste du pays. C'est une forêt de transition, de type intermédiaire entre la forêt sempervirente et la forêt semi-décidue.

L'Okoumé y est absent avec présence de l'Ayous, *Triplochiton scleroxylon* et du Limba, *Terminalia superba*.

3 - L'OKOUME

L'Okoumé est une espèce typiquement gabonaise. Hormis la partie Est d'une ligne partant d'Oyem et reliant Ovan, Okondja, Akieni et la frontière avec le Congo, on le rencontre partout ailleurs (cf carte n° 1). Il est aussi présent en Guinée Equatoriale, dans le Mayombe et dans le massif du Chaillu au Congo. On le rencontre en petites taches au sud du Cameroun dans la région de Maan et Nyabessan.

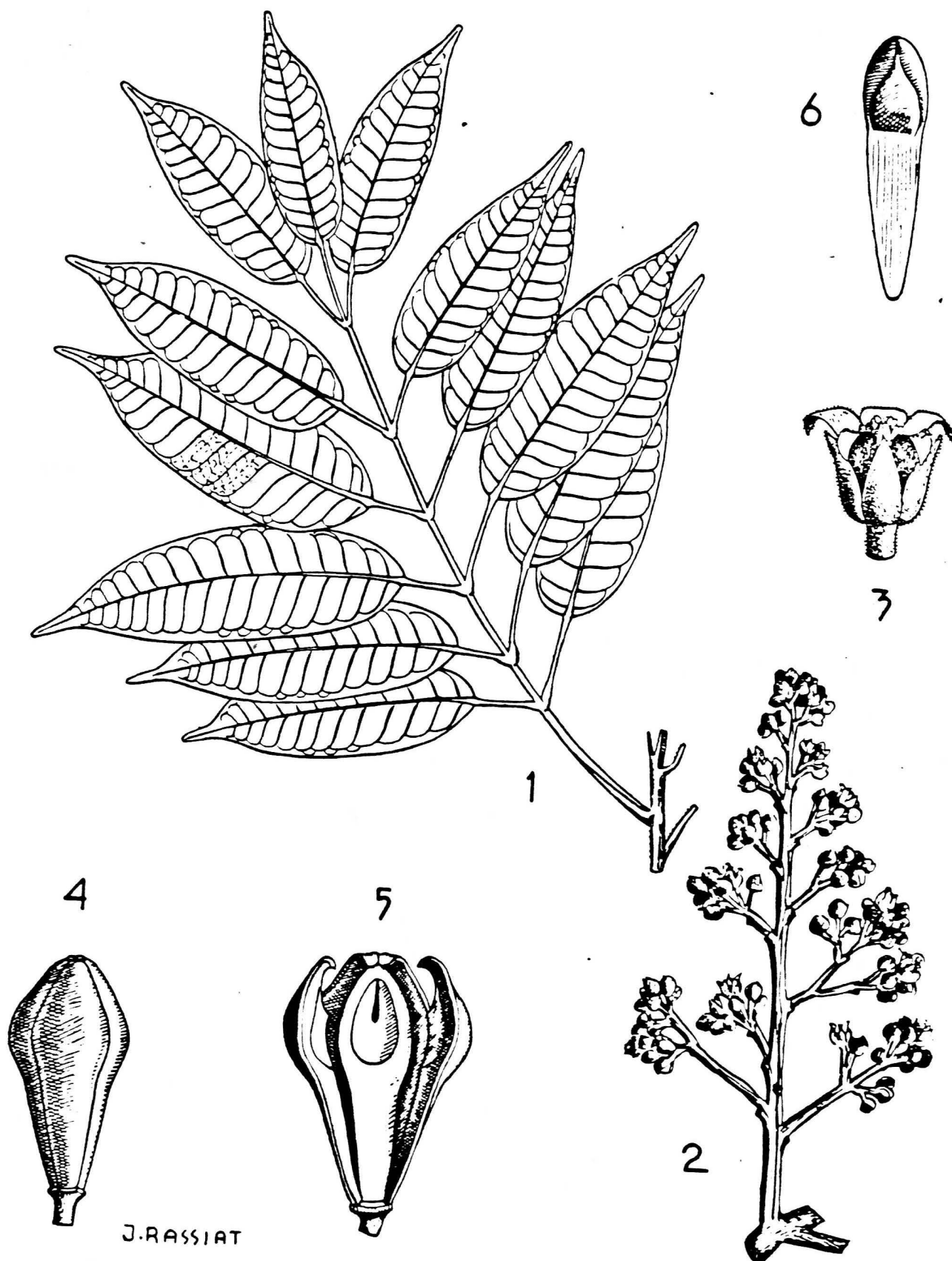
31 Botanique. (cf figure n° 1)

Aucoumea klaineana Pierre appartient à la famille des Burséracées qui fait elle-même partie de l'ordre des Térébentales. Cette espèce a été créée en 1896 par PIERRE d'après les récoltes du père KLAINE au Gabon.

Description :

- ECORCE** : lisse sur les jeunes arbres, elle est rougeâtre avec de nombreuses taches verticales de lichen qui permettent une identification rapide. En vieillissant, les Okoumés ont une écorce craquelée et écailleuse avec des grandes écailles de teinte brun-rougeâtre.
- TRANCHE** : elle est fibreuse de teinte rose-saumon. Il y a une lente exsudation de résine avec une forte odeur de térébenthine.
- CIME** : le feuillage est léger, diffus. Le houppier des jeunes arbres est élancé, facile à reconnaître de loin. En décembre-janvier, les jeunes feuilles donnent à l'arbre une couleur rouge vif. Les feuilles sont composées, imparipennées, avec 3 à 6 paires de folioles.

Figure n°1 : l'Okoumé, d'après A. AUBREVILLE (1951)

OKOUME (*Aucoumea Klaineana* PIERRE)

1. Feuille, $\times 1/3$. — 2. Inflorescence, $\times 2/3$ (d'après ENGLER). — 3. Fleur, $\times 3$ (d'après ENGLER). — 4. Fruit, $\times 1/1$ (d'après PIERRE). — 5. Fruit ouvert, 1 valve enlevée (d'après PIERRE). — 6. Graine, $\times 1/1$

FLEURS : l'Okoumé est une espèce dioïque ayant des fleurs mâles et des fleurs femelles sur des pieds différents (F.GRISON, 1978). Les fleurs sont regroupées en grappes composées, très ramifiées, terminales ou axillaires.

FRUITS : ils sont déhiscent en forme de toupie. De 4 à 5 cm de long et de 3 cm de diamètre, ils s'ouvrent en 5 valves et donnent 5 graines en février-mars.

32 Dendrologie et utilisation.

- La forêt à Okoumé :

L'Okoumé est très abondant dans le bassin sédimentaire, qu'il soit associé à l'Ozouga dans la forêt côtière ou à l'Ozigo et à l'Alep ailleurs.

On note que l'Okoumé est pratiquement absent des zones inondés.

- Comportement :

L'Okoumé est une essence grégaire qui pousse en peuplement pur ou presque pur. Son tempérament de pionnier et sa frugalité lui permettent de coloniser les zones défrichées ou les savanes protégées du feu.

L'Okoumé est une essence très frugale, qui peut s'installer sur les sols très pauvres de la zone côtière. Ses racines très traçantes n'explorent en réalité que les vingt à trente premiers centimètres de l'horizon supérieur (comme la plupart des espèces de forêt dense).

- Utilisation :

La principale utilisation de l'Okoumé a été et reste le contreplaqué. Localement, il est utilisé en menuiserie intérieure et en coffrage .

Il est fréquemment utilisé pour la fabrication de pirogues. Sa résine sert de combustible pour les "torches" lors des cérémonies rituelles.

L'Okoumé est l'essence reine du Gabon au point que toutes les autres espèces sont regroupées sous l'appellation "bois divers". Entre 1976 à 1989, les volumes exportés ont oscillé entre 800.000 et 1 million de mètres cubes.

4 - L'EXPLOITATION FORESTIERE ET LA PRODUCTION

Historique de l'exploitation forestière dans le Sud-estuaire.
(d'après R.POURTIER, 1989) (cf carte n° 4)

41 Période antérieure à 1920.

L'exploitation de l'Okoumé a commencé en 1889 après l'expertise de grumes envoyées à Hambourg par le consul d'Allemagne. Les industriels allemands découvrirent alors les excellentes qualités de déroulage de cette essence.

L'exploitation fut dans un premier temps confiée aux autochtones. Les billes d'Okoumés firent l'objet de cueillettes très ponctuelles. Comme ils avaient été collecteurs d'ivoire et de caoutchouc, ce furent les gabonais qui coupèrent les bois proches des rivières.

Quelques essences étaient aussi demandées :

- Le Padouk, *Pterocarpus soyauxii* ou bois rouge, utilisé pour les teintures.
- L'Ebène, *Diospyros crassiflora*.
- Les bois durs (Kevazingo, *Guibourtia spp*, Bilinga, *Nauclea diderrichii*, Azobé, *Lophira alata*, Tali, *Erythrophleum ivorense*, Dibetou, *Lovoa trichilioides*, Acajou, *Khaya spp*, Iroko, *Milicia excelsa*, etc.)

Pendant la première guerre mondiale, le commerce de l'Okoumé fut complètement désorganisé ; l'Allemagne étant le principal utilisateur.

42 Période de 1920 à 1945.

Il s'agit de l'époque des "coupeurs de bois".

L'Okoumé, de plus en plus recherché au détriment des bois durs devient plus rare près des rivières. Les exploitants pénètrent dans la région des "plaines côtières" grâce aux rails Decauville qui permettent d'évacuer les billes. A cette époque, la quasi-totalité de l'estuaire est exploitée. C'est la ruée vers la forêt. Trois types de permis sont délivrés :

- Le chantier, de 100 à 500 ha, réservé aux autochtones.
- La coupe, constituée d'un lot de 2.500 ha, accordée à toute personne pouvant apporter un cautionnement de 2.500 Francs, délivrée pour un an et renouvelable 10 fois.
- La concession temporaire de coupe, de 5.000 à 10.000 ha, réservée aux français.

On ne recherche que les gros bois sans défauts tant le travail est considérable. L'abattage se fait à la hache, et le débardage à la main par système de levier (mirombo).

Dès 1932, le Gabon est partagé en zones d'exploitation qui subsistent encore de nos jours. La première zone s'étendait et s'étend encore sur le bassin sédimentaire côtier où l'Okoumé formait jadis d'abondants peuplements. La présence d'un réseau fluvial et lagunaire en avait facilité l'exploitation. La deuxième zone fut fermée à l'exploitation pour constituer une réserve de bois. (DUFOULON et Al ; 1979).

43 Période de 1945 à 1965.

En 1946, la législation prévoit la délivrance de permis temporaires d'exploitation (P.T.E.), adjugés aux enchères publiques.

On assiste à une intensification de l'exploitation dans les plaines côtières. Les principales entreprises sont :

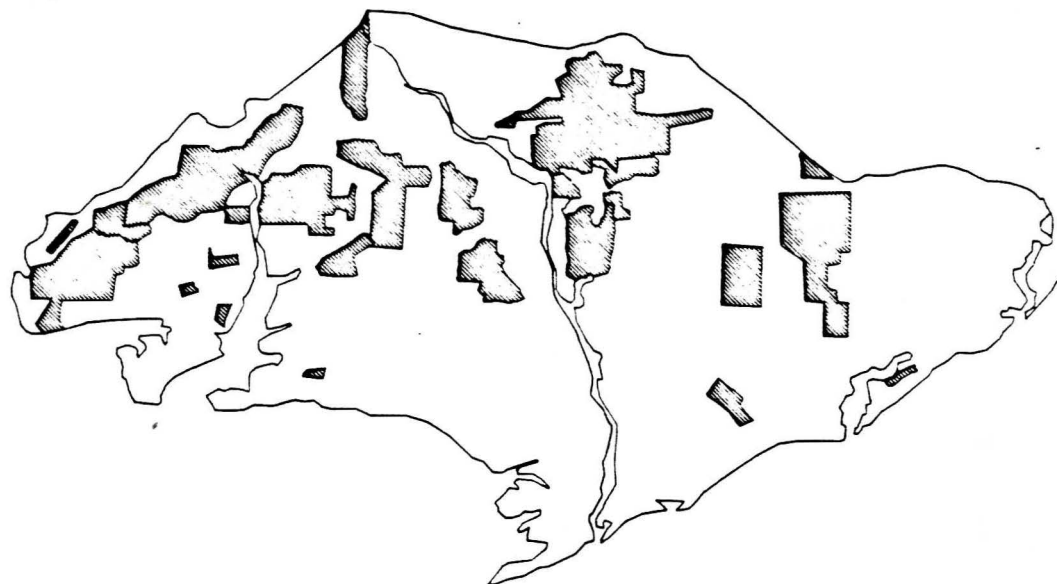
- MARIDORT : P.T.E. de 10.000 ha (1951 à 1962)
- C.C.A.E.F. et sa filiale EQUATORIALE : Deux P.T.E. pour une surface de 46.812 ha (1954 à 1964).
- S.F.L.G. : P.T.E. de 18.840 ha (1945 à 1955) transféré à LEROY (1955 à 1965).
- Le Consortium Forestier et Maritime créé en 1920 par cinq sociétés de chemins de fer français exploite une concession de 74.360 hectares situés à l'est du sud-estuaire.

EVOLUTION DES ESPACES EXPLOITES DANS LA PREMIERE ZONE FORESTIERE

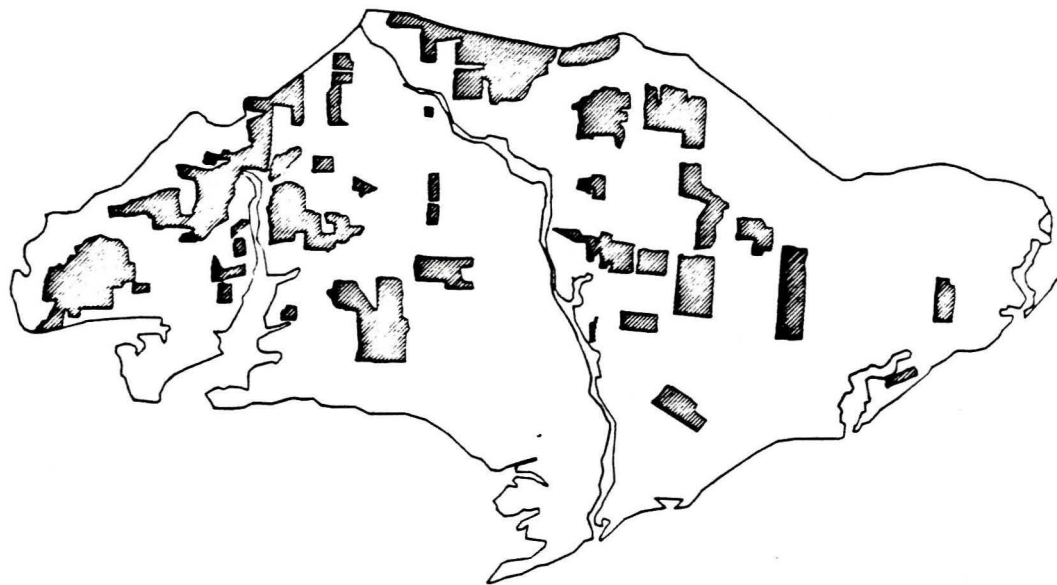
D'APRES P. POURTIER (1989)



1957



1975



1992

En 1962, après abandon de cette concession, il exploite un P.T.E. de 9.853 ha.

Après l'ouverture de la deuxième zone forestière en 1956, l'attribution des permis et droits de coupe dans la première zone est réservée à partir de cette date aux seuls exploitants gabonais.

En 1965, toutes les grandes sociétés, excepté le consortium, quittent le sud-estuaire.

44 Période de 1965 à 1975.

Le Consortium Forestier et Maritime, principal exploitant de la zone cesse ses activités et sa concession revient au domaine en avril 1972.

45 Période de 1975 à nos jours.

Jusqu'en 1982, deux petites entreprises exploitent des permis gabonais en fermage dans la partie nord du sud-estuaire.

- FLORIAN à Ndouni. 1.000 m3 de production annuelle.
- FONTAINE à Nzomo. 6.000 m3 d'Okoumé et 10000 m3 de bois divers de production annuelle.

En 1988, un arrêté ministériel soustrait à l'exploitation une zone de 200.000 ha en vue d'un aménagement ; cette zone est toujours interdite à l'exploitation.

5 - EVOLUTION DU PATRIMOINE

La forêt gabonaise n'est pas menacée comme le sont les massifs forestiers d'Afrique de l'Ouest. Les surfaces défrichées par l'agriculture sont relativement peu importantes et situées près des grandes villes ou sur des axes importants (routes, chemin de fer). Ces défrichements peuvent même contribuer à la régénération des peuplements d'Okoumé (voir chapitre II).

Cependant, l'exploitation intensive de la première zone forestière empêche la forêt de se reconstituer. De nombreux peuplements d'avenir sont détruits pour récolter quelques pieds d'Okoumé souvent mal conformés.

La répétition des dépôts de permis sur les même zones (jusqu'à trois fois pendant les vingt dernières années) provoque une sélection à rebours. Seuls les arbres avec des défauts rédhibitoires sont laissés sur pied.

CHAPITRE II : REGENERATION ET DYNAMIQUE DE L'OKOUME

1 - LA REGENERATION NATURELLE11 Définition.

Nous retiendrons la définition de A. FOGGIE (1960) pour lequel la régénération naturelle signifie à la fois l'ensemble des processus par lesquels une forêt se reproduit naturellement et l'ensemble des semis et des brins existants spontanément sur le parterre de la forêt.

12 Particularité de l'Okoumé.

C'est une espèce pionnière qui se régénère très bien. La fructification est abondante en moyenne une année sur deux. Après la déhiscence du fruit, elle s'étale sur plusieurs semaines de janvier à mars.

13 Dispersion des graines.

L'Okoumé est une espèce anémochore ; la dispersion par le vent est facilitée par les graines ailées.

F. GRISON (1975) a montré que les graines d'un semencier ayant un houppier important de 36 m de diamètre, se répandaient jusqu'à 200 m de son pied avec une forte abondance de semis jusqu'à 80 m.

Près d'Oyane, des observations faites sur plusieurs années dans des lisières exposées différemment ont montré que des graines issues de peuplements denses, avec des houppiers moins développés, se disséminaient nettement moins loin. Elles étaient parfois abondantes jusqu'à 50 m, rares entre 50 et 80 m et très rares après 80 m (J. KING, 1991).

14 Comportement des semis.

Le pouvoir germinatif diminue fortement après deux semaines. La germination se fait après cinq jours. Le développement de la tigelle dure de trois à cinq jours. Les semis peuvent se développer et vivre à l'ombre pendant plusieurs mois.

La densité de semis est très variable et dépend du nombre de semenciers.

A titre d'exemple, au sein du dispositif mis en place par le projet, autour de la parcelle n° 31, sur une surface de 0,25 hectare, deux semenciers ont suffi pour obtenir une régénération de 500 Okoumés (densité de 2 000 tiges/hectare).

La règle sylvicole préconisant de ramener la densité entre 4.000 et 5.000 tiges par hectare lors du premier dépressage peut donner une idée de la densité de certaines régénérations exceptionnelles.

Les semis d'Okoumé doivent lutter contre les semis des autres essences de lumière, principalement le parassolier, *Musanga cecropioides*. Dans la zone côtière, les sols sableux sur lesquels le parassolier ne prolifère pas, favorisent les régénérations pures d'Okoumé.

15 Conditions de la régénération de l'Okoumé.

J. BIRAUD (1959) a défini les conditions pour que s'effectue la régénération naturelle de l'Okoumé :

Présence de porte-graines. (2 pour 0,25 hectare).

Trouée dans la forêt suffisamment large (0,5 hectare minimum).

Sol propre afin que la graine soit en contact avec le sol.

2 - LA DYNAMIQUE DE L'OKOUME

21 Causes anciennes de la dispersion de l'Okoumé.

En 1959, J. BIRAUD passait en revue les facteurs susceptibles de provoquer ou de favoriser la régénération naturelle de l'Okoumé :

*** La régénération par l'exploitation forestière :**

Le système de cueillette (quelques pieds à l'hectare) ne permet pas de créer de grandes trouées. On ne constate de véritable régénération que le long des axes routiers.

*** La régénération dans les trouées de chablis :**

La chute d'un arbre isolé n'offre pas les conditions nécessaires pour la régénération. Seules de grandes trouées occasionnées par des tornades peuvent être colonisées par les semis d'Okoumé.

*** La colonisation des savanes à partir des lisières :**

Quand elles sont protégées contre le feu, toutes les conditions sont alors réunies pour une bonne régénération (sol propre, semenciers, trouée). Dans le sud-estuaire, de nombreuses petites savanes incluses se sont refermées avec des peuplements purs.

*** La régénération dans les terrains de culture de manioc et de banane :**

C'est le cas le plus fréquent. Toutes les conditions sont réunies :

- superficie supérieure au demi hectare.
- semenciers préservés par les agriculteurs.
- sol entretenu.

Le mécanisme est le suivant : Après défrichement et brûlis de la forêt en saison sèche, le manioc est planté dès les premières pluies en septembre-octobre. Après 18 mois, le dernier arrachage de manioc coïncide avec la fructification de l'Okoumé (janvier). Les tiges qui subsistent, grêles, couvrent le sol qui ne se salit que très lentement. Les jeunes Okoumés envahissent alors cette plantation abandonnée. La régénération paraît se faire en aussi bonnes conditions sous les bananiers que dans le manioc.

Nous laisserons J.BIRAUD conclure : "C'est donc aux défrichements que doit être attribuée en définitive la cause principale de dispersion de l'Okoumé dans son aire géographique. La connaissance que nous avons acquise de la forêt gabonaise nous permet de l'affirmer aujourd'hui avec certitude."

22 Observations dans le sud-estuaire.

La région du sud-estuaire fut très peuplée jusque dans les années soixante. La population et l'activité agricole étaient liées aux chantiers forestiers. A la fermeture de ceux-ci dans les années 60, la zone s'est lentement dépeuplée. Les plantations vivrières, en particulier autour des villages, ont laissé la place à de nombreux peuplements purs d'Okoumé selon le schéma suivant :

FORET =====> MANIOC =====> OKOUME

En 1979, par survol aérien systématique, le P.D.F.G. (Projet de Développement Forestier du Gabon) a repéré au sol 7400 hectares de peuplements purs d'Okoumé, inexploitable car trop jeunes.

3 - PERSPECTIVES D'AVENIR

Les différents auteurs ont noté les limites de la dynamique de l'Okoumé. A l'exception de zones vides qui ont subi une exode rurale importante comme le sud-estuaire, les conditions ne sont plus réunies pour obtenir de grosses régénérations naturelles. Couramment, après quelques années, les agriculteurs ont tendance à revenir dans la plantation abandonnée. La régénération d'Okoumé est alors facile à défricher et à brûler.

Une politique agro-sylvicole adéquate fixerait les agriculteurs à la périphérie des semenciers et permettrait de préserver ces régénérations naturelles.

<p>CHAPITRE III : LA SYLVICULTURE AU GABON</p>

1 - L'AMELIORATION DES PEUPLEMENTS NATURELS

11 Importance des travaux réalisés.

Les travaux de sylviculture dans les peuplements naturels riches en Okoumé ont été menés entre 1950 et 1957, après une prospection aérienne systématique de la première zone forestière. En petite saison sèche, les peuplements d'Okoumé, avec leurs houppiers rouges, sont facilement identifiables. (J.Groulez, 1954)

La majorité des peuplements identifiés furent mis en réserve et sur les 170.000 hectares que couvrait la zone, 120.000 furent parcourus. Les techniques sylvicoles utilisées pour l'amélioration des peuplements étaient les suivantes d'après J. Biraud (1959) et R. Catinot (1965) :

* Première étape :

- cartographie préalable des peuplements d'Okoumé par des layonnages de plus en plus serrés (1 km x 1 km jusqu'à 100 m x 100 m), puis figuration du canevas topographique avec localisation des taches d'Okoumé et de leurs caractéristiques dendrométriques.

* Deuxième étape :

- Travaux de sylviculture dans les divers types de peuplements :

jeunes peuplements denses de diamètre inférieur à 10 cm :

dégagement du recrû et dépressage de manière à réduire la densité à 4 ou 5.000 plants à l'hectare.

peuplements dont le diamètre est compris entre 10 et 20 cm :

éclaircie par abattage de façon à ramener la densité à 400 arbres à l'hectare et suppression des bois divers dominants par annelation circulaire.

peuplements avec un diamètre compris entre 20 et 40 cm :

éclaircie ramenant la densité définitive à 80 arbres par hectare, par abattage pour les arbres de diamètre inférieur à 30 cm et par annélation sur pied au delà de ce diamètre. Cette éclaircie sélective élimine les sujets les moins beaux, ainsi que les espèces diverses dominantes et surcimées. Le sous-étage favorable au développement des Okoumés dominants est respecté.

peuplements avec un diamètre compris entre 40 et 60 cm :

éclaircie sélective par annélation sur pied des Okoumés sans avenir de mauvaise forme et des espèces diverses dominantes sans valeur commerciale.

peuplements de plus de 60 cm de diamètre :

pas d'intervention en éclaircie ; simple comptage d'Okoumés exploitables et délianage.

L'objectif de tous ces travaux d'amélioration était, comme on le voit, d'augmenter la croissance des plus beaux arbres en réduisant la concurrence inter et intraspécifique.

12 Conclusion.

Sur les 120.000 hectares parcourus, 75.000 furent classés et à partir de tarifs de cubage empiriques (et de coefficients de forme et de commercialisation), le volume mobilisable à terme fut estimé à environ un million et demi de mètres cubes.

L'importance du résultat obtenu sur plus de la moitié des peuplements susceptibles d'être améliorés fut jugée insuffisante pour assurer la pérennité de l'exploitation forestière au Gabon. Nécessitant des besoins en main-d'oeuvre et en encadrement importants, des conditions de travail épuisantes, les travaux d'amélioration en peuplements naturels d'Okoumés furent abandonnés vers les années 1960, au profit des plantations artificielles jugées plus rentables.

Aujourd'hui, en l'absence d'un véritable contrôle, les réserves n'existent plus que sur le papier et ont été pour la plupart abusivement exploitées, notamment par les coupes familiales.

2 - LA FORET ARTIFICIELLE D'OKOUME

Des plantations expérimentales ont été réalisées par le service forestier, puis par le Centre Technique Forestier Tropical du Gabon. C'est sur l'Okoumé qu'a porté l'essentiel des efforts. Dès 1936, des plantations industrielles ont été entreprises en forêt de la Mondah.

Entre 1957 et 1981, 27.000 hectares d'Okoumé ont été plantés dans la région de l'estuaire par la S.T.F.O, puis par la Direction du Reboisement des Eaux et Forêts.

D'autre part, 500 hectares de plantations d'essences à croissance rapide ont été installés dans la région de Ndouaniang et 75 hectares dans le Haut-Ogooué.

Les plantations d'Okoumé, techniquement réussies, ont mis en évidence leur prix de revient élevé dû essentiellement au déforrestage préalable et aux nombreux entretiens nécessaires après la plantation (M. MALAGNOUX, 1985).

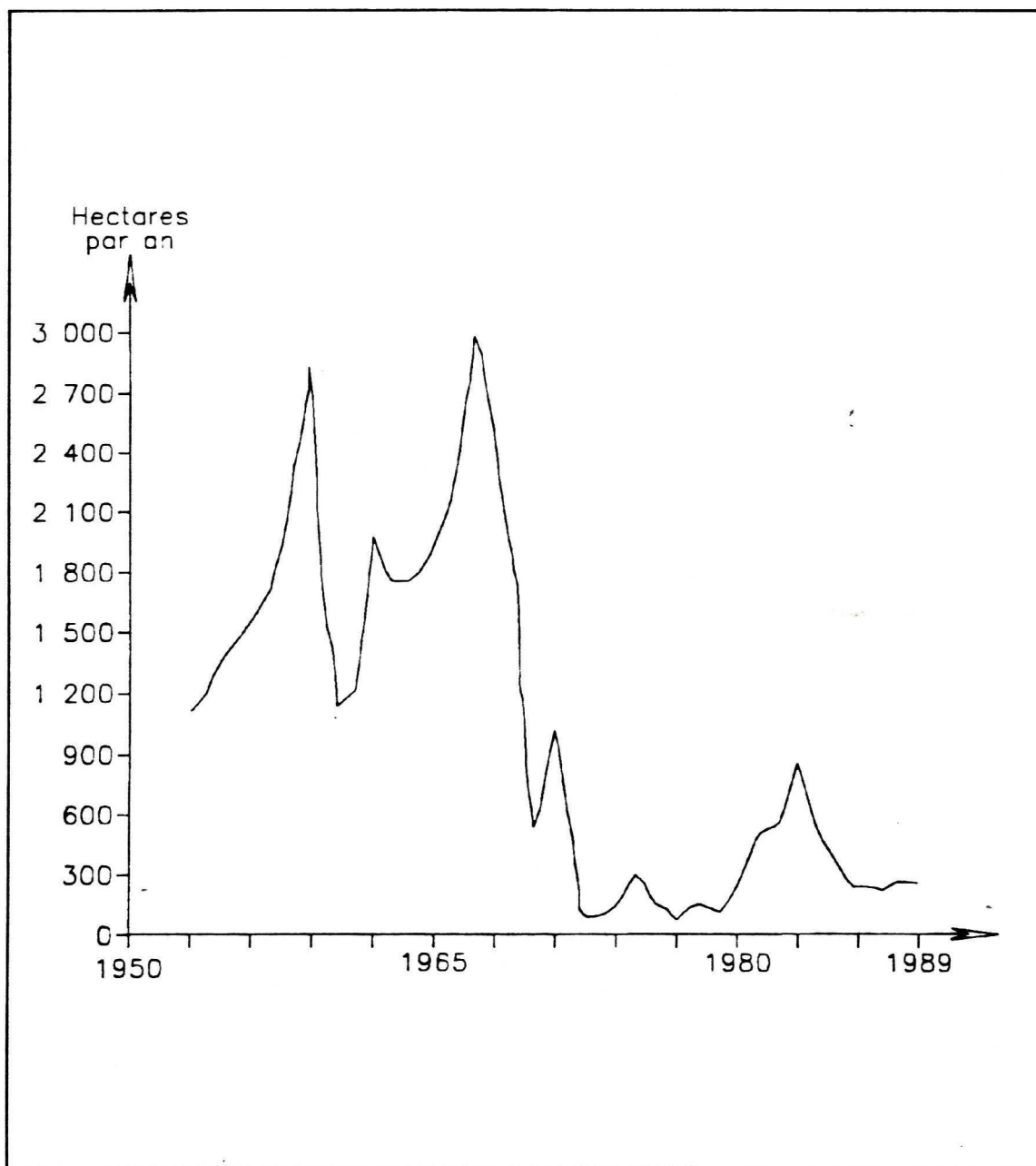
Si les plantations ont effectivement été entretenues dans leur jeune âge, aucune éclaircie n'a été réalisée pour réduire la densité. En 1987, la situation pouvait être considérée comme grave, et les causes ainsi résumées : (F.BRUNCK, 1987)

- Programmes trop importants par chantier.
- Main-d'oeuvre qualifiée indisponible pour faire face aux entretiens.
- Absence d'éclaircies qui a aggravé l'état sanitaire des Okoumés.

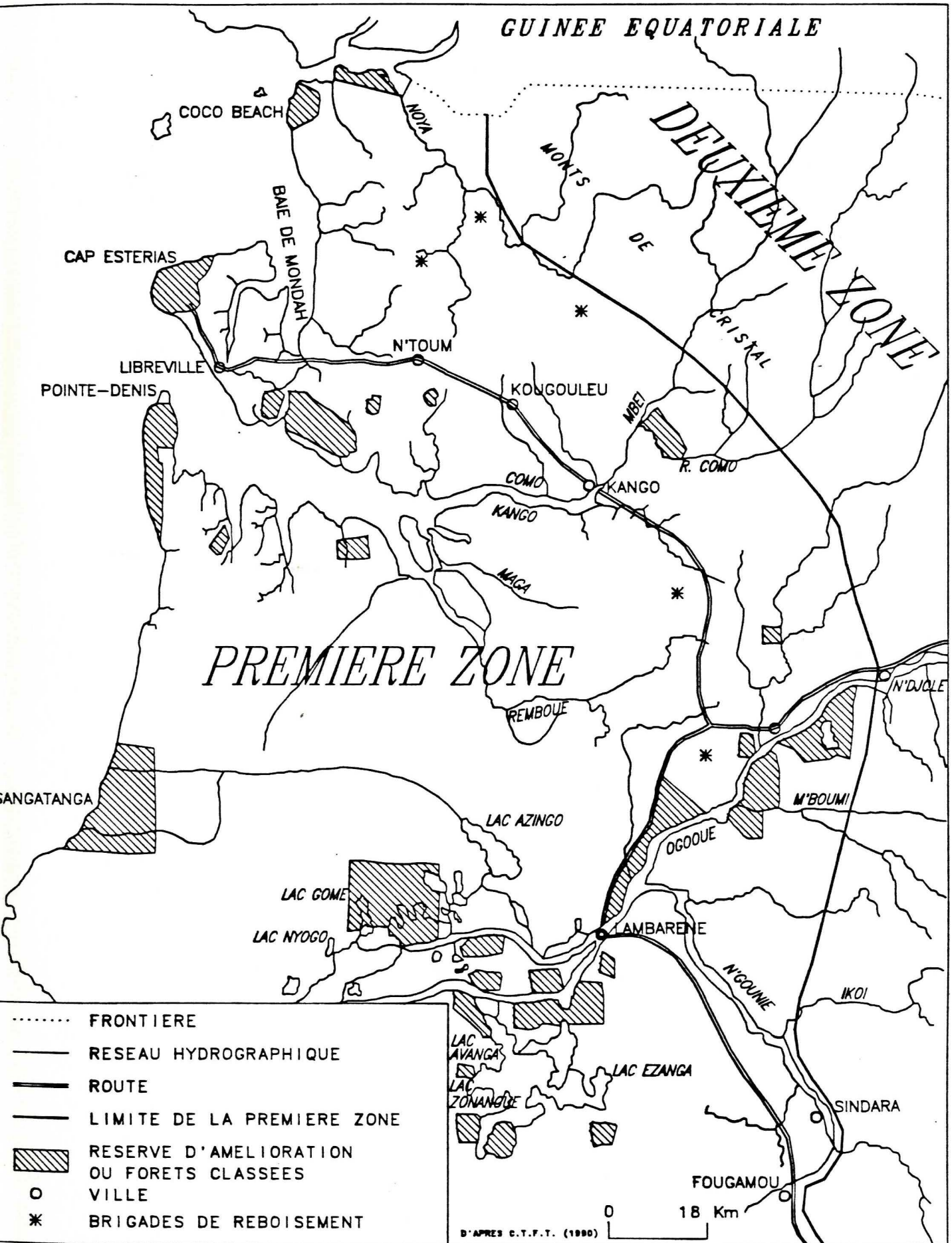
Depuis 1983, le projet "reboisement EKOUM", financé par le F.E.D. (Fonds Européen de Développement) entreprend des plantations d'Okoumés en réduisant les coûts d'installation (utilisation des arbres abattus) et d'entretien (entretien semi-mécanique).

Le graphique de la figure n° 2 montre les superficies annuelles de reboisement en Okoumé. On peut constater un fort ralentissement dans le programme de reboisement depuis 1970. La faible reprise des années 1980 correspond à l'activité du projet F.E.D.

Figure n° 2 : Superficie annuelle de reboisement en Okoumé.



LES TRAVAUX SYLVICOLES AU GABON



DEUXIEME PARTIE

ETUDE DU MILIEU, LE MASSIF DU SUD-ESTUAIRE.

CHAPITRE I :

CLIMAT, RELIEF, GEOLOGIE, SOLS

1 - CLIMAT

Le climat qui règne au sein de la zone est équatorial de type austral. Il est caractérisé par deux saisons des pluies et par deux saisons sèches. Le rythme des saisons est approximativement le suivant :

De septembre à décembre : saison des pluies avec des précipitations continues et assez peu d'ensoleillement.

En janvier et février : petite saison sèche avec un ralentissement des pluies et une forte chaleur. Les pluies tombent sous forme d'orages après trois ou quatre jours de soleil.

De mars à mai : saison des pluies avec des pluies violentes et fréquentes. L'ensoleillement est important.

De juin à septembre : grande saison sèche. Il ne pleut pas, le ciel est souvent couvert avec une nébulosité importante, le vent d'Ouest souffle assez fort.

Ce schéma est une règle générale, mais il est arrivé certaines années de ne pas avoir de grande saison sèche (225 mm à Libreville pendant le mois d'août 1984).

Il n'existe pas de données climatiques pour la région du sud-estuaire et l'installation d'un pluviomètre à Oyane a été indispensable à partir de décembre 1989. La station a été enregistrée, et rattachée au réseau de la météorologie nationale. Les données générales ont été acquises auprès de la météorologie nationale à Libreville.

Afin de mieux cerner les données pluviométriques de la région, nous avons comparé les précipitations mensuelles des trois stations (Libreville, Oyane et Port-Gentil) pendant une période de 25 mois de décembre 1989 à décembre 1991.

D'après ces observations, on constate que :

- Libreville est nettement plus arrosée.
- Les stations de Port-Gentil et d'Oyane reçoivent la même quantité de pluie à quelques variations près.
- Sur cette période, les précipitations annuelles sont les suivantes :

	1990	1991
Libreville	2893,9	2621,5
Oyane	1846,4	1655,2
Port-Gentil	1813,8	1812,9

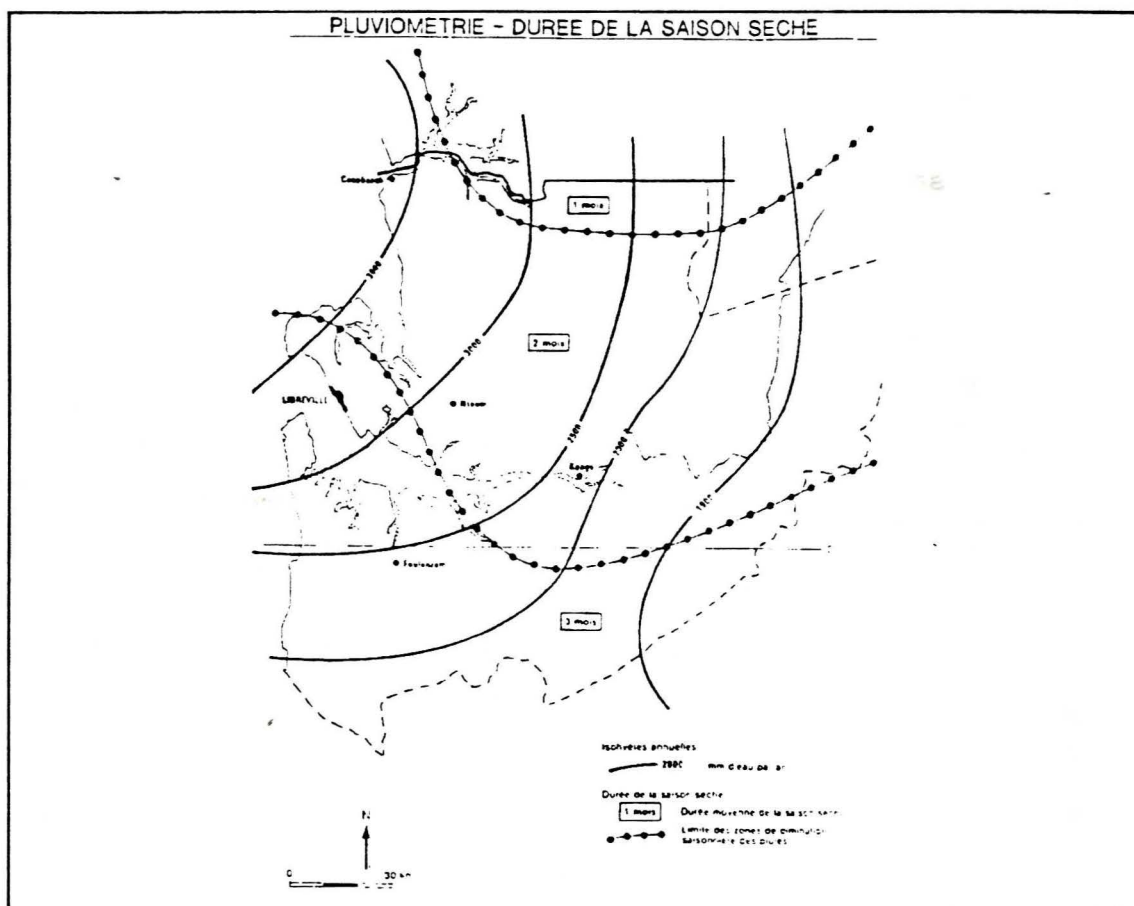
Il convient donc de prendre en considération les statistiques météorologiques de Port-Gentil pour avoir une indication sur le climat des années passées.

On remarque qu'une bande côtière d'environ 5 km de large est moins arrosée et bénéficie d'un micro-climat du fait des vents d'ouest qui repoussent les nuages venus de l'intérieur.

Tableau n° 1 : Moyennes des températures et des précipitations pour les stations de Libreville et de Port-Gentil de 1961 à 1990.

MOIS	LIBREVILLE		PORT-GENTIL	
	P(mm)	T(°C)	P(mm)	T(°C)
Janvier	253,3	26,7	247,8	26,8
Février	278,8	27,2	177,8	26,2
Mars	363,2	27,2	266,8	26,7
Avril	321,0	27,2	299,2	27,2
Mai	247,3	26,6	148,0	26,5
Juin	61,3	24,3	10,8	24,2
Juillet	9,4	23,3	10,2	23,2
Août	14,2	23,9	5,3	24,0
Septembre	104,0	25,3	31,8	25,3
Octobre	427,2	25,9	179,9	26,8
Novembre	490,0	25,9	352,2	26,0
Décembre	303,2	26,3	227,1	26,4
Année	2872,9	-	1956,9	-

Carte n° 6 : précipitations et durée de la saison sèche.



2 - RELIEF

Trois types de reliefs peuvent être distingués au sud de l'estuaire :

Une partie basse et marécageuse au nord de la zone est en partie occupée par la mangrove.

Le sud-est de la zone est un peu plus élevé. Ce sont des collines argilo-sableuses culminant à 250 mètres environ. Elles sont profondément entaillées par l'érosion fluviale d'où un relief très accidenté avec de fortes pentes encadrant de nombreuses petites collines.

A l'ouest, une bande côtière assez homogène d'environ 10 km de large, descendant en pente douce vers l'océan, porte les grandes savanes ("plaines"). Ces savanes sont entrecoupées de forêt galerie ou sont incluses dans le massif forestier. Le relief est plat ou faiblement ondulé, parfois profondément entaillé par une spectaculaire érosion régressive sous forme de cirques (par exemple : Le Trou du Diable), d'où le nom de "série des cirques" donné à la formation sédimentaire qui constitue le sous-sol de cette bande côtière. Il s'agit d'une épaisse couche de sables et d'argiles sédimentaires de granulométries et de couleurs variables dont la succession est mise en évidence dans les cirques d'érosion.

3 - GEOLOGIE

Le Sud-Estuaire fait partie du bassin sédimentaire côtier. Ce bassin atlantique ou occidental a une longueur de 500 km et sa largeur varie de 15 à 200 km. Sa profondeur est de l'ordre de 8000 mètres avec des dépôts à dominante marine, d'âge crétacé moyen à quaternaire. (BARRET, 1983).

On distingue quatre séries sédimentaires:

- La série des cirques.
- Les alluvions récentes.
- Les calcaires de Sibang.
- La série du Komandji-Nanino.

4 SOLS

Ce sont des sols très sableux avec une teneur en éléments minéraux extrêmement faible. Seul l'horizon de surface bénéficie de quelques éléments provenant de la décomposition de la végétation ayant réussi à s'installer. (O.R.S.T.O.M., 1981)

41 Morphopédologie.

Les unités cartographiques décrites sont illustrées par le dessin de la figure n° 4.

Hauts plateaux ondulés de la série des cirques. (U.C. n° 15).

Cette unité est caractérisée par sa morphologie en larges plateaux élevés (plus de 200 m d'altitude) et la dominance de la savane.

Le profil, visible sur les parois vives des cirques d'érosion actifs (Trou du Diable) se présente comme un horizon humifère épais de 60 à 80 cm, surmontant un horizon meuble de couleur vive homogène de 3 à 5 mètres.

La teneur en argile est faible (< 15 %)

Le sable grossier est important (> 70 %), d'où un lessivage intense.

Localement, on a pu déceler de discrètes raies d'accumulation humifères vers 1 mètre.

Un drainage interne excessif rend critique le bilan hydrique pendant les saisons sèches, même pour le reboisement.

Surfaces aplanies sur matériaux sableux à sablo-argileux.

(U.C. n° 16)

Cette unité entoure la précédente après une dénivellation de 50 à 100 mètres et semble dériver de l'érosion importante des cirques. A proximité de ceux-ci, on remarque les matériaux arrachés aux plateaux s'accumuler en aval dans une zone d'épandage.

MORPHOPEDOLOGIE DU BASSIN SEDIMENTAIRE : LA ZONE COTIERE

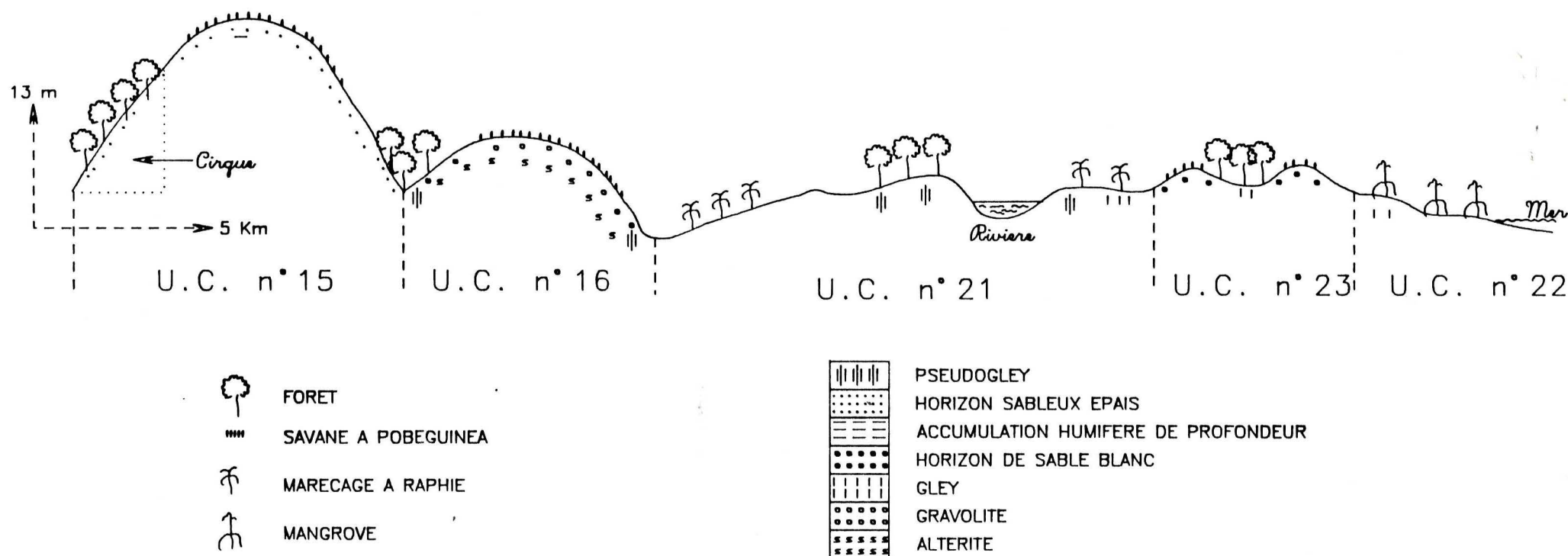


Figure n° 3

Le relief est plus aplani. La granulométrie est hétérogène (5 à 25 % d'argile, équilibre variable entre sable fin et sable grossier).

Le drainage est moins intense et le bilan hydrique de ces sols est meilleur.

Le lessivage, plus ou moins intense peut aller jusqu'à la podzolisation et à l'existence de zones hydromorphes.

Vallées des fleuves côtiers.(U.C. n° 21)

Cette unité regroupe les zones alluviales des rivières côtières (Awagnie, Liamé, Mvogue). Normalement, l'influence de la mer ne se fait pas sentir contrairement à l'unité suivante.

On distingue :

- Les sols de terrasses exondées de texture variable, mais souvent sableux : indifféremment sous savanes ou sous forêts. Ces sols présentent une richesse organique très variable et sont utilisables en agriculture.
- Les sols inondés sur bourrelet de berge, basse terrasse, ou marécage permanent. Ils ont une bonne texture argilo-limoneuse mais leur richesse organique est très variable sans liaison stricte avec la végétation (forêt, Palmiers-raphias, Cypéracées).

Mangroves (U.C. n° 22)

A la pédogénèse proprement hydromorphe de l'unité précédente, s'ajoute l'action intermittente de l'eau de mer (halomorphie) pour former la mangrove. Ce terme édaphique s'applique à l'ensemble sols-végétations formant la frange entre continent et océan.

L'aspect de la mangrove est varié, selon l'éloignement de la mer, le stade d'évolution des alluvions argilo-limoneuses, l'accumulation plus ou moins intense de matière organique (10 à 30 %) et la présence plus ou moins importante de sels solubles et de composés soufrés.

Les sols appartiennent aux types suivants :

- Sols minéraux bruts d'apport marin : vase nue.
- Sols peu évolués non climatiques d'apport organique : mangrove à *Rhizophora*.
- Sols hydromorphes, plus ou moins organiques, à gley : situations et végétations variées.

Cordons littoraux (U.C. n° 23)

La côte, en particulier au sud de Port-Gentil, présente un type spécial de sédimentation (LEGOUX, 1952). C'est une formation de cordons sableux successifs, séparés par des zones basses.

Ces sédiments récents et très sableux évoluent plus ou moins rapidement par lessivage, hydromorphie et podzolisation. On y trouve les types de sols suivants :

- Sols peu évolués non climatiques d'apport.
- Sols ferralitiques psammitiques, lessivés et hydromorphes.
- Podzols et pseudo-podzols de nappe.
- Sols hydromorphes variés.

Les contraintes de texture, de drainage et de fertilité interdisent pratiquement toute utilisation.

42 Les sols de la région d'Oyane (d'après J.B. MOUTSINGA, 1991).

421 Les sols de savanes.

* **Caractères physiques.**

Les sols des savanes d'Oyane sont très pénétrables par les racines, grâce à leur texture sableuse. Ils sont très poreux, et peu compacts. Du fait de la très faible teneur en argile, ces sols ont une très faible capacité de rétention d'eau et une structure fragile ne pouvant pas résister à l'érosion sur les pentes et à la dégradation (travail du sol).

La couleur brun-foncé dans les horizons supérieurs passe au brun-jaune dans les horizons sous-jacents.

La texture sableuse à sable fin au sommet des profils devient progressivement sablo-argileuse ou argilo-sableuse à la base. La fraction argileuse migrant par le drainage vertical.

La structure est polyédrique.

Le drainage est bon. Il y a accumulation de produits organiques dans les horizons inférieurs à plus de 1,50 m. Il règne en surface des conditions de sécheresse telles que la germination des graines est gênée.

L'activité biologique est faible.

Les sables constituent la fraction granulométrique la plus abondante (60 % de sables fins et 10 à 20 % de sables grossiers).

La teneur en matière organique avoisinent 2 % en surface et décroît avec la profondeur.

Le taux d'argile dépasse rarement 10 %.

La présence de fragments de charbon de bois et de brique en surface et en profondeur indique que ces sols ont été fortement remaniés.

* Caractères chimiques.

Le pH est acide (le pH eau varie de 4,7 à 5,7).

Le rapport C/N est élevé (de 14 à 18 de 0 à 10 cm) montrant que la matière organique y est peu évoluée.

La somme des bases échangeables est faible (moins de 0,5 mé/100 g de sol).

42-2 Les sols sous forêt.

* Caractères physiques.

Ils ne sont guère différents des sols de savanes. La structure polyédrique est renforcée par l'incorporation de matière organique provenant de la décomposition des résidus végétaux.

Les sols bien que sensibles à l'érosion sont stabilisés par le couvert végétal, la litière et l'ancrage des essences forestières.

La nappe phréatique est parfois proche en bas de séquence.

La couleur brune (10 YR 3/2) après 10 cm, se prolonge par un horizon intermédiaire (10 YR 4/4) jusqu'à 60 cm. On rencontre ensuite un horizon jaune (10 YR 5/6).

La texture est sableuse en surface pour devenir argilo-sableuse en profondeur.

La structure est polyédrique nette à fine.

Le drainage est bon. Le sol est bien aéré, la pénétration racinaire s'effectue jusqu'à 1,50 m de profondeur. Des languettes de matière brune indiquent une migration des éléments organiques de la surface.

Il n'y a pas d'éléments grossiers jusqu'à au moins 2 mètres

La teneur en matière organique est plus élevée comparée aux sols de savanes (5 % en surface).

La somme des limons fins et grossiers oscille entre 15 et 30 % (5 à 15 % pour les sols de savanes).

La présence de charbon de bois et de briques dans les horizons superficiels témoigne d'une activité anthropique importante dans le passé.

*** Caractères chimiques.**

Le pH est variable selon les profils.

Le rapport C/N est élevé (de 14 à 16 de 0 à 10 cm) montrant une tendance à l'accumulation de la matière organique.

La somme des bases échangeables est faible (0,5 mé/100 g de sol).

CHAPITRE II : LA VEGETATION

1 - INTRODUCTION

En 1947, le Pr A. AUBREVILLE décrivait ainsi la région :

" Nous avons en vue "les grandes plaines" qui s'étendent sur les formations géologiques de la fin du tertiaire, que HOURCQ appelle la série des cirques, situées entre l'estuaire du Gabon et le delta de l'Ogooué.(...) C'est un pays très vallonné de grandes savanes absolument nues, de boqueteaux, de forêts, de lacs, et de grands cirques d'érosion. Les savanes s'étalent en longues taches, larges de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres, surtout sur les crêtes et les dévalements, tandis que les bois, aux lisières nettes et sinueuses, garnissent généralement les fonds. Des lacs aux rives tantôt boisées, tantôt nues, se cachent dans les replis du sol."

2 - DESCRIPTION DES FORMATIONS VEGETALES RENCONTREES

21 La forêt côtière.

P.NICOLAS (1977) la décrit comme suit :

" La forêt à Ozougas est une association complexe d'espèces à bois dur, reliques d'une vieille forêt à affinités sud-américaines, et d'espèces héliophiles à bois tendre et à croissance rapide, proliférant à partir des galeries forestières dans les savanes qui ont occupé largement les sables tertiaires, à la suite des dernières périodes sèches quaternaires. "

Le *Sacoglottis gabonensis* et l'*Erismadelphus exsul* sont deux espèces appartenant à des familles largement répandues en Amérique du sud dont elles constituent les rares représentants en Afrique.

Le nombre d'espèces représentées est faible : 24 espèces recouvrent 94,9 % de la surface terrière, alors que dans la forêt du bassin sédimentaire (type I), 58 espèces recouvrent 80,9 % de la surface terrière (SAINT AUBIN, 1963).

Les espèces les plus représentées sont:

- *Sacoglottis gabonensis* (Humiriacées).
- *Erismadelphus exsul* (Vochysiacees).
- *Coula edulis* (Olacacées).
- *Xylopi aethiopica* (Annonacées).

22 Les savanes ou "plaines côtières".

221 Description.

On distingue deux types de savanes en fonction de la morphopédologie.

- **les savanes sèches** sont assez étendues et typiques des sols sableux. Les espèces présentes sont peu nombreuses.

Ce sont des savanes herbeuses, à graminées qui ne dépassent pas un mètre de haut en saison des pluies. La majorité de ces savanes brûlent plusieurs fois par an. On peut alors mesurer l'espacement important entre chaque touffe de graminées. Les termitières sont très nombreuses (plusieurs centaines par hectare).

Les espèces dominantes sont des graminées : *Pobeguinea arrecta*, *Panicum congoense*, *Elyonurus argenteus*, avec *Bulbostylis laniceps* (Cypéracées) (CHRISTY et al, 1990 ; J.KING, 1991).

- **Les savanes humides** se rencontrent dans un environnement forestier. Leur sol est meilleur avec plus d'argile et de matière organique. Ces sols plus humides supportent plus d'espèces (12 à 25). Les espèces dominantes sont aussi des graminées : *Andropogon gabonensis*, *Hyparrhenia diplandra* et *Loudetia flammida*. On rencontre fréquemment *Heterotis decumbens* (Mélastomatacées), *Aframomum spp* (Zingibéracées) et *Pteridium aquilinum* (Dennstaedtiacées) (J.KING, 1991).

222 Origine des grandes plaines.

De nombreux travaux ont été réalisés sur les contacts forêts-savanes : Ceux de A. AUBREVILLE (1948 et 1962) et de J.M. AVENARD (1969) permettent une bonne compréhension de l'origine et de l'évolution de ces savanes côtières.

Sur la base de ces travaux, on peut mettre en évidence quatre origines possibles pour ces savanes :

- Origine édaphique : certains sols comme les podzols de nappe sur la frange côtière, sont inaptes à porter une végétation ligneuse. Relativement peu étendues, ces savanes purement édaphiques sont localisées sur le cordon littoral ou bien incluses dans la forêt. Elles sont recouvertes de *Ctenium newtonii* (Graminées).
 - Origine topographique : comme nous l'avons vu ci-dessus, la topographie et en particulier la morphopédologie a des implications sur la disposition de la végétation. Dans les mosaïques forêt-savanes, la forêt se réfugie souvent dans le fond des cirques (Grand Bam-bam, Trou du Diable), dans les talwegs et sur les flancs de colline.
 - Origine anthropique : cette hypothèse est venue à l'esprit des premiers chercheurs. En 1948, le Pr A. AUBREVILLE avançait :
- " Après toutes ces observations, nous croyons pouvoir conclure à l'origine anthropique ancienne de toutes les plaines gabonaises.

La région des grandes "plaines" du Gabon a été couverte d'une forêt continue, forêt vraisemblablement d'un type différent de celui de l'estuaire. Elle fut défrichée et cultivée à une époque indéterminée. Les premières clairières ouvertes furent ensuite agrandies par défrichement des lisières. Les feux, en périodes très sèches, élargirent les brèches, pénétrant par couloirs dans les forêts situées sur les sols qui étaient le plus secs par leur position topographique ou leur nature. Les sommets des mamelons furent ainsi dégarnis les premiers. Les forêts furent refoulées dans les thalwegs, dans les fonds souvent plus ou moins marécageux, dans les creux des cirques. Puis, pour une raison inconnue, il n'y a pas très longtemps, selon toute vraisemblance il y a moins d'un siècle, les populations disparurent. A eux seuls, les feux annuels, toujours allumés par quelques chasseurs, continuèrent, pendant des années encore, à faire reculer les lisières forestières ébréchées jusqu'à ce que la végétation ait pu s'abriter et s'affermir derrière des lisières de protection continues et compactes. Pendant une période donc, les feux continuèrent l'oeuvre des défricheurs ; les parcelles indéfendables, trop dégradées ou mal exposées furent emportées, d'autres résistèrent et s'adaptèrent ; des îlots se ramassèrent en boule comme les hérissons et furent en état de se défendre seuls. Une certaine stabilisation se produisit donc, aboutissant à l'état d'équilibre précaire actuel, où des avances et des reculs localisés de la forêt peuvent encore se produire, mais presque insensiblement ; les lisières se meuvent dans le détail, l'ensemble est pratiquement fixé ; aujourd'hui, pour l'homme, le paysage est immuable."

- Origine paléoclimatique: ultérieurement le Pr AUBREVILLE s'est rallié à l'hypothèse d'une transgression forestière sur une zone précédemment occupée par la savane (M.MALAGNOUX, 1985).

"A la période des glaciations, correspondaient dans les régions tropicales des climats plus secs entraînant (...) dans les régions tropicales humides une diminution des pluies et une régression des formations végétales humides."

On assiste alors à une savanisation de la forêt équatoriale. La forêt se réfugie dans les zones plus favorables (thalwegs, montagnes, bas fonds, bord de mer...). A partir de ces zones, la reconquête de la forêt s'effectue avec le réchauffement post-glacière. Cependant le cas de la zone côtière est particulier. AUBREVILLE poursuit :

" Cette forêt est une formation très spéciale caractérisée notamment par l'abondance de l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) et de l'Ozouga (*Sacoglottis gabonensis*) (...). Elle est moins riche floristiquement que les forêts de l'intérieur. J'en conclus qu'il s'agit d'une forêt nouvelle, installée depuis des temps récents dans la bande littorale des sédiments tertiaires. Ainsi, la distribution si curieuse de forêts et de savanes herbeuses dans le secteur maritime de la série des cirques serait due à une forêt pionnière en cours de progression, celle-ci étant toutefois ralentie par les feux de brousse et par places par l'occupation humaine."

D. SCHWARTZ (O.R.S.T.O.M ; 1991) dans une étude récente sur les savanes incluses du Mayombe au Congo adopte cette hypothèse. Après plusieurs datations des paléosols enfouis sous les sols actuels et des observations de la dynamique de la végétation, il arrive aux conclusions suivantes :

- Ces savanes incluses sont des preuves de l'assèchement climatique intra-Holocène d'il y a 3.000 ans.

- Il y a encore au moins 1700 à 2000 ans, celles-ci étaient plus étendues qu'actuellement.

23 Les lisières.

Elles sont toujours très nettes entre la forêt et la savane. Sur quelques mètres, la végétation est typique des endroits frais. Avant brûlis, on rencontre :

- *Pteridium aquilinum*, *Aframomum* sp., *Cnestis ferruginea* (Connaracées), et beaucoup de semis de l'année d'essences pionnières (Okoumé, Ozouga, Okala).

Ces lisières sont arrondies par le feu qui vient lécher les branches basses des arbres qui lui sont résistants et qui forment un écran total. Les lisières sont très riches en gros Okoumés. Les petites tiges d'Okoumés, très sensibles au feu, sont brûlées chaque année.

Dans des savanes protégées du feu depuis deux ans, les lisières s'étendent sur une quinzaine de mètres avec une végétation dynamique ("Grande plaine", "Savane boyau" à quelques kilomètres d'Oyane).

24 Les recrûs.

Ce sont des formations d'origine anthropique, avec une évolution variable selon l'exposition par rapport aux feux saisonniers. On distingue deux types de recrûs :

* **Les recrûs herbacés**, ou savanes anthropiques, ou encore "fausses savanes" (CLEMENT et al, 1979).

Dans ces formations, quelques vieux fûts calcinés dont quelques-uns sont encore debout témoignent d'une forêt défrichée par la population encore importante il y a une quarantaine d'années. Le feu parcourt violemment ces recrûs à chaque saison sèche.

La végétation est composée principalement d'un tapis impénétrable d'*Imperata cylindrica* (Graminées) d'un mètre cinquante environ. Entre deux passages du feu, quelques arbustes tentent une timide percée : *Anthocleista nobilis* (Loganiacées), *Cnestis ferruginea*. Dans les bas-fonds et les thalwegs, le feu est moins virulent et la végétation est plus dense. On rencontre *Vitex pachyphilla* (Verbenacées), *Pteridium aquilinum*, *Aframomum spp...*

* **Les recrûs forestiers** qui sont souvent de véritables peuplements d'Okoumés.

Dans les zones protégées du feu, ces anciennes plantations sont de véritables forêts. La présence de semenciers d'okoumé à la périphérie a permis de constituer de pures futaies d'Okoumés. La présence de charbon de bois et de vieilles vaisselles dans les parcelles d'étude prouve l'origine anthropique de ces peuplements.

La végétation est constituée d'espèces pionnières que nous étudierons dans la troisième partie. Dans les rares recrûs sans Okoumés, on trouve les espèces suivantes : *Xylopia aethiopica*, *Sacoglottis gabonensis*, *Erythrophleum ivorense*, *Maprounea membranacea* (Euphorbiacées), *Chrysobalanus icaco* (Chrysobalanacées), *Psychotria gabonica*.

25 Les formations marécageuses.

Les marécages à palmier-raphia sont très abondants dans le massif du sud-estuaire. Souvent imbriqués le long des lisières, ils forment une véritable protection contre les feux saisonniers. Ils entourent aussi les nombreux lacs de la région.

La forêt marécageuse périodiquement inondée abrite une végétation intermédiaire avec : *Anthostema aubryanum*, *Vitex pachiphylla*, *Hallea ciliata*, *Uapaca heudelotii* (Euphorbiacées).

26 La mangrove.

La mangrove à Rhizophoracées est présente tout le long de l'estuaire et au bord des rivières soumises à l'action des marées. On distingue :

- La mangrove basse avec une espèce dominante (*Avicennia nitida* jacq).
- La mangrove haute à *Rhizophora racemosa* plus éloignée de la mer.

27 La côte soumise aux embruns.

La forêt côtière commence à quelques mètres de la plage. Cette frange, tampon avec la forêt à Okoumé est caractérisée par l'abondance de :

- *Manilkara lacera* (Sapotacées), *Chrysobalanus icaco* et *Ximenia americana* (Olacacées).

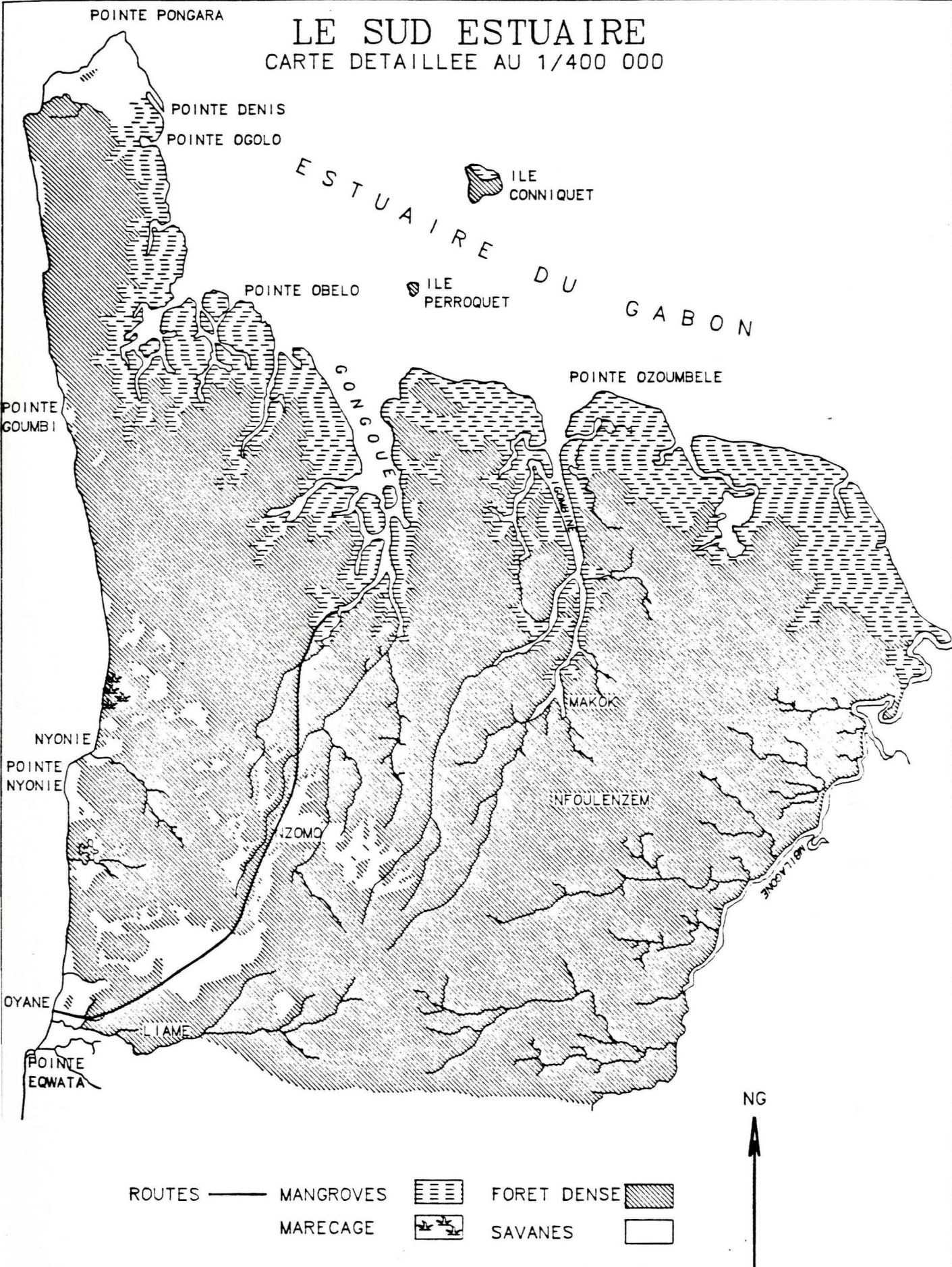
Ce sont des essences pionnières des cordons littoraux. Les fûts sont tortueux à cause des embruns et les arbres morts, tombés dans l'eau sont nombreux.

On rencontre une végétation arbustive et herbacée typique :

- *Canavalia rosea*, *Indigofera suffruticosa* (Papilionacées), hydrocotyle bonariensis (Ombellifères), *Phoenix reclinata* (Palmacées).

A l'embouchure des rivières, on rencontre *Pandanus gabonensis*.

LE SUD ESTUAIRE
CARTE DETAILLEE AU 1/400 000



TROISIEME PARTIE

LE PROJET "AMENAGEMENT FORESTIER
EN ZONE DE SAVANES COTIERES"

<p>CHAPITRE I</p> <p>DESCRIPTION DU PROJET</p>

1 - PRESENTATION

Les actions menées en forêt dense montrent à quel point le Gabon est soucieux d'assurer la pérennité de sa forêt et de sa production. Mais si tous ces travaux d'amélioration ont eu des résultats positifs sur les peuplements des forêts classées, aucune quantification des coûts d'intervention et des gains en croissance n'a pu être dégagée.

En 1987, le projet "aménagement forestier en zone de savanes côtières" a démarré sur un financement du Fonds d'Aide et de Coopération (F.A.C.) qui vient à terme à la fin de l'année 1992. Ce projet comporte deux volets :

- 1 - Etude de la dynamique des peuplements naturels riches en Okoumé sous l'action de traitements simples et peu coûteux.
- 2 - Etude des phénomènes de régénération en lisière forêt - savanes et de la dynamique des formations forestières au contact des savanes en fonction des feux saisonniers.

C'est le premier volet qui est considéré dans la présente étude.

2 - OBJECTIFS DE RECHERCHE

Il s'agit essentiellement d'évaluer de façon la plus précise possible, les réactions de peuplements naturels d'Okoumé aux interventions sylvicoles. Ces éclaircies qui enlèvent de 30 à 50 % de la surface terrière, portent uniquement sur les sujets dominants. L'étage dominé, nous le verrons dans les chapitres suivants, tient un rôle important dans la structure des peuplements et n'intervient pas dans la lutte pour la lumière.

Les autres interventions dans le peuplement se limitent à éliminer des Okoumés gênants et tarés, ou des essences diverses de l'étage supérieur dépourvues d'intérêt commercial.

Les éclaircies se faisant par le haut, les strates inférieures ne sont pas touchées. La diversité biologique est maintenue.

La croissance en diamètre avant éclaircie est comparée à celle après éclaircie.

Les peuplements sont datés par analyse des tiges et classés en fonction de la station qui les supporte.

Des tables de croissance pour l'Okoumé en peuplement naturel, en fonction des différents cas rencontrés (âge, densité, diamètre, intensité de l'éclaircie...) seront ainsi établies avec précision pour la région littorale du Sud Estuaire.

Il s'agit finalement de vérifier et de déterminer l'intérêt réel des interventions sylvicoles, afin d'étudier leur coût et les possibilités d'adaptation aux variations du milieu (variation de la densité en Okoumé et de la composition floristique) et ceci pour aboutir à un aménagement durable des peuplements riches en Okoumé dans la première zone du Gabon.

3 - CHOIX DU SITE

La région du sud-estuaire est idéale pour l'étude des peuplements naturels. Exploitée sans relâche jusque dans les années 60, la zone a vu son activité et sa population diminuer puis disparaître après la fermeture du dernier chantier forestier à Nzomo. La population, liée aux chantiers fut très importante et les surfaces défrichées pour les plantations furent considérables. Les photographies aériennes de 1955 montrent un massif forestier très dégradé autour des villages (Oyane, Ekwata, Dom Les Bams, Nyonié).

Les peuplements riches en Okoumé étaient déjà nombreux et réfugiés dans des zones inexploitables (cirques d'érosion, bords de marécage). La cessation de toute l'activité dans la région a permis à la forêt de se reconstituer et aux jeunes Okoumés d'évoluer sans contraintes humaines.

La zone d'étude est isolée par l'océan et par l'estuaire du Gabon mais proche de Libreville. L'acheminement des matériaux est possible en toutes saisons. L'évacuation des bois est facile et peu coûteuse. Les infrastructures routières sont réalisables à faible coût.

CHAPITRE II

LES PARCELLES D'ETUDE

1 - PRESENTATION

Le dispositif a été implanté d'après les résultats du P.D.F.G.III. avec l'aide des documents existants :

- Carte de richesse en Okoumé.
- Photographies aériennes de 1955 montrant les parties forestières défrichées.
- Résultats de l'inventaire de 1977. (P.D.F.G. III, inventaire du Sud-Estuaire) ; pour localiser les zones riches en Okoumé ainsi que les cinq parcelles d'étude implantées à cette époque.

Les parcelles ont une forme carrée, rectangulaire ou en T. Elles sont de taille relativement petite (un hectare) pour privilégier l'homogénéité des peuplements ; les taches de régénération ne dépassant rarement cette surface.

Le choix pour leur implantation s'est fait en fonction des peuplements existants. Chaque type de peuplement rencontré est représenté par un nombre suffisant de parcelles pour pouvoir à la fois étudier la croissance et faire des interventions sylvicoles. Tous les cas sont représentés, des jeunes peuplements très denses avec des tiges de petit diamètre jusqu'aux vieux peuplements avec une majorité de tiges ayant atteint le diamètre d'exploitabilité (70 cm).

LOCALISATION DU DISPOSITIF



2 - MESURES

21 Dans les jeunes peuplements (0 à 10 ans).

Afin de récolter le plus grand nombre possible de données concernant les peuplements naturels dans leur jeune âge, huit parcelles totalisant une surface de 3,5 hectares ont été matérialisées. Dans ces parcelles, la prise de données est la suivante :

Pour tous les arbres dont la hauteur totale est supérieure ou égale à 1,30 m ;

a - identification botanique.

b - Numérotation.

c - Mesure de la hauteur totale à l'aide de perches.

d - Mesure de la circonférence à 1,30 m du sol quand celle-ci est supérieure à 10 cm.

e - Forme donnant une indication sur les dégâts des animaux. Les arbres endommagés par les éléphants sont codés 4.

Les mesures de hauteur et de circonférence sont prises chaque année.

22 Dans les autres parcelles.

Pour tous les arbres dont la circonférence à 1,30 m au dessus du sol est supérieure ou égale à 30 cm, les données suivantes sont récoltées.

a - Mesure de la circonférence à 1,30 m au demi-centimètre près.

b - Identification botanique.

c - Position de l'arbre dans les différentes strates (dominant, codominant, dominé).

d - Forme donnant une indication sur la qualité des bois.

1 : forme excellente, arbre droit sans défauts apparents.

2 : forme moyenne, arbre avec de légers défauts (petite courbure, penché).

3 : forme assez médiocre dans l'ensemble. L'arbre a des défauts évidents (fourche, double courbure). Il y a encore possibilité de dégager quelques billes de valeur en purgeant les défauts.

4 : arbre dépérissant ou vigoureux avec des défauts graves, vissé, étêté, fendu, cassé ou avec des cannelures importantes sur toute la longueur du tronc.

Les Okoumés de classes 1 et 2 sont relativement rares et représentent l'élite. Les Okoumés de classe 3 représentent la majorité des tiges et seront susceptibles d'être choisis pour constituer le "peuplement d'avenir" après éclaircie.

e - Position géographique à l'intérieur de la parcelle afin d'établir un plan horizontal de l'étage dominant.

Les coordonnées polaires sont prises sur le terrain et sont transformées en coordonnées rectangulaires par la suite.

f - Hauteur dominante du peuplement prise au dendromètre.

Ces données permettent d'établir un véritable plan de la parcelle avec son peuplement dont la figure n°6 (représentant un groupe de 4 parcelles) est une illustration.

3 - CALENDRIER DES OPERATIONS

1987 : Matérialisation des parcelles 1 à 14 et première campagne de mesure des circonférences.

1988 : Matérialisation des parcelles 15 à 30 et 34. Deuxième campagne de mesure des circonférences.

1989 : Troisième campagne de mesure des circonférences suivie de l'intervention sylvicole pour 13 parcelles mesurées depuis 1987.

1990 : Matérialisation des parcelles 31 à 33. Quatrième campagne de mesure des circonférences.

1991 : Cinquième campagne de mesure des circonférences.

Tableau n° 2 Récapitulatif des parcelles.

PARCELLES ECLAIRCIES
en 1989

Parcelles		Age au moment de l'éclaircie
n°	surface (ha)	
1	1,00	45
2	1,00	45
3	1,00	45
4	0,38	23
5	1,00	24
6	0,50	22
7	0,50	17
8	0,50	18
9	0,50	42
11	0,50	24
12	0,56	24
13	0,50	24
14	0,38	20
27	1,00	34 (1)

PARCELLES TEMOIN

Parcelles		Age en 1989 ou en 1990*
n°	surface (ha)	
10	0,38	27
15	0,56	42
16	0,25	7
17	0,25	7
18	0,25	7
19	0,25	7
20	0,75	24
21	1,00	51
22	0,56	41
23	1,00	54
24	1,19	39
25	0,56	33
26	0,56	50
28	1,50	24
29	0,75	34
30	0,75	7
31	0,25	* 1
32	1,00	* 33
33	0,56	* 7
34	0,50	36

(1) : parcelle exploitée pour les analyses de tiges.

Les parcelles n° 31, 32 et 33 ont été créées en 1990.

L'âge des parcelles a été obtenu d'après les résultats des analyses de tiges.

4 - TRAITEMENT SYLVICOLE

41 Description de l'intervention sylvicole.

C'est le point le plus important du projet. Les comparaisons de croissances avant et après traitement permettront de conclure en ce qui concerne l'effet des éclaircies.

Dans la présente étude, nous n'aborderons pas les effets des éclaircies, le travail portant sur les peuplements intacts, leur datation et leur évolution dans le temps.

Après deux années d'observation de la croissance en circonférence, 13 parcelles réparties selon leur âge présumé et de leurs caractéristiques dendrométriques, ont été éclaircies. Le reste des parcelles sert de témoin.

C'est une éclaircie unique, sélective, par le haut. Les travaux de désignation et d'éclaircie se font exclusivement dans l'étage dominant au profit des Okoumés les plus beaux. Les essences de valeur commerciale sont aussi favorisées quand elles sont présentes : *Pycnanthus angolensis*, *Guibourtia spp*, *Pterocarpus soyauxii*.

Dans chaque parcelle, une centaine d'Okoumés ont été désignés pour être récoltés au diamètre de 70 cm. En fonction de l'âge du peuplement, en tenant compte de la mortalité naturelle, un peuplement d'accompagnement (de bourrage) constitué de 20 à 70 tiges joue un rôle strictement cultural.

42 Modalités pratiques d'intervention.

Nous avons réalisé une éclaircie par dévitalisation des arbres sur pied. Une éclaircie par abattage aurait été trop coûteuse et aurait entraînée trop de dégâts parmi les arbres devant rester sur pied.

Les Okoumés indésirables ont subi une simple annélation sur environ 40 cm de haut. Une légère épaisseur de l'aubier a été attaquée pour accélérer la mort de l'arbre.

Les essences secondaires, en plus faible nombre, en raison de leur bois souvent plus dur ont été dévitalisées sur pied avec un arboricide. Après une annélation, la dévitalisation a été faite selon le principe des entailles de 4 à 5 cm de profondeur dans lesquelles on injecte un phytocide (voir figure n° 3). L'arboricide utilisé est le TRICLOPYR (GARLON 4E) en solution aqueuse à 40 %.

Le choix de l'annélation pour les Okoumés s'appuie sur deux arguments :

1 - Economique :

- Coût réduit en main d'oeuvre (2 hj par hectare).
- Coût réduit en produit (12.000 F.CFA /litre de GARLON 4E)

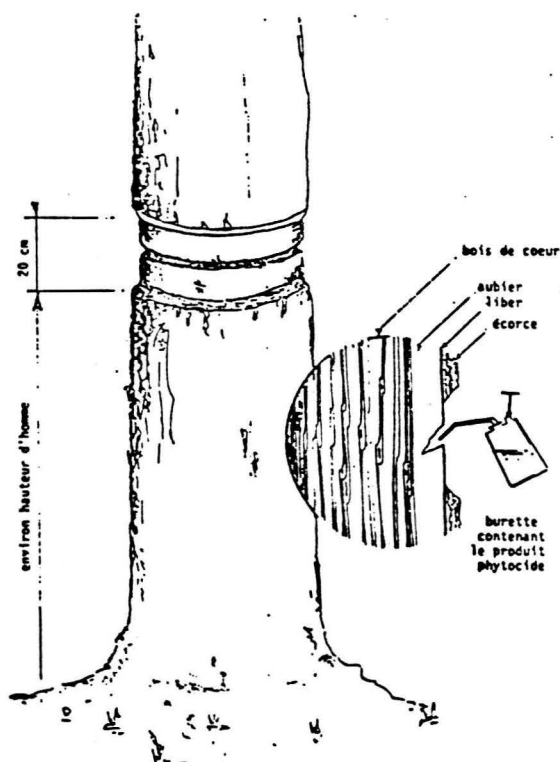
2 - Ecologique :

- Pas de manipulation de produit phytocide dangereux pour les employés et difficile à gérer en grande quantité.
- Pas de risque de contamination des autres Okoumés par les anastomoses racinaires.

Le traitement est appliqué sur la périphérie de la parcelle (bande périmétrale de 25 m de large) afin de réduire les biais provoqués par les effets de lisière.

L'intervention a eu lieu entre septembre et décembre 1989, juste après la troisième série de mesures.

figure n° 3 : schéma visualisant la méthode de dévitalisation

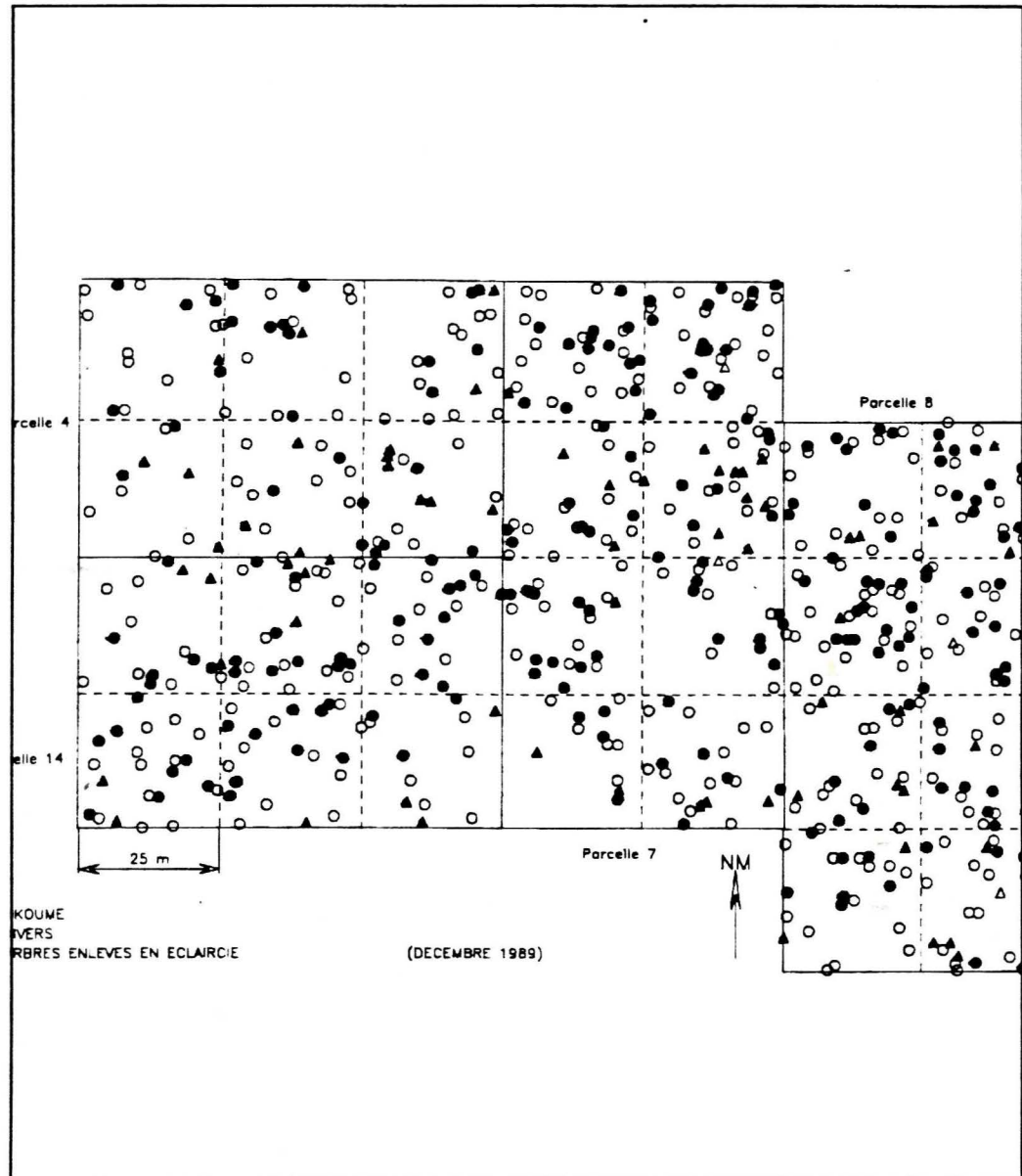


Dessin : B. CHABANNAUD

Tableau n° 3 : Intensité de l'éclaircie.

		PEUPLEMENT AVANT ECLAIRCIE										PEUPLEMENT ENLEVE EN ECLAIRCIE											
		OKOUMES'					DIVERS		TOTAL			OKOUMES					DIVERS		TOTAL				
n°	âge	N	G	Vol	Cg	Vg	N	G	N	G	Vol	n	G	Vol	Cg	Vg	n	G	N	%	G	%	
7	17	336	12,3	149	0,68	0,44	50	2,2	386	14,5	176	150	5,0	58	0,65	0,38	48	2,1	198	51	7,1	49	
8	18	404	14,0	163	0,66	0,40	58	2,4	462	16,4	194	184	5,8	64	0,63	0,35	56	2,4	240	52	8,2	50	
14	20	293	15,2	213	0,81	0,73	45	2,0	338	17,2	238	120	5,1	65	0,73	0,55	40	1,9	160	47	7,0	41	
6	22	282	21,0	321	0,97	1,14	8	0,3	290	21,3	324	134	7,3	104	0,83	0,78	6	0,2	140	48	7,5	35	
4	23	200	15,4	235	0,98	1,17	59	4,0	259	19,4	297	69	4,2	60	0,87	0,87	51	2,7	120	46	6,9	36	
5	24	192	16,7	265	1,05	1,38	34	2,4	226	19,1	299	72	5,0	74	0,93	1,03	31	2,9	103	46	7,9	41	
11	24	204	16,5	257	1,01	1,26	38	2,0	242	18,5	285	78	6,0	92	0,98	1,17	32	2,6	110	45	8,6	46	
12	24	254	23,2	367	1,07	1,44	34	1,9	288	25,1	394	107	7,6	116	0,95	1,01	25	1,7	132	46	9,3	37	
13	24	218	20,9	336	1,10	1,54	30	1,0	248	21,9	347	82	6,6	101	1,00	1,23	22	0,9	104	42	7,5	34	
9	42	180	30,9	528	1,47	2,93	12	1,4	192	32,3	568	68	9,8	165	1,35	2,42	10	1,3	78	41	11,1	34	
2	45	167	36,2	627	1,65	3,75	2	0,2	169	36,4	631	70	11,7	187	1,41	2,68	1	0,1	71	42	11,8	32	
1	45	132	30,5	528	1,70	4,00	10	1,7	142	32,2	560	41	7,2	122	1,48	2,97	7	1,3	48	34	8,5	26	
3	45	115	30,5	537	1,83	4,67	2	4,0	117	34,5	608	30	5,0	84	1,44	2,80	1	0,1	31	26	5,1	15	

Figure n° 4 : visualisation de l'éclaircie sur un bloc de quatre parcelles contiguës.



* Commentaire du tableau n°3.

Les prélèvements en nombre de tiges et en surface terrière vont de 50 % pour les parcelles les plus jeunes et les plus denses à 20 % pour les parcelles les plus vieilles et les moins denses. L'éclaircie unique nous a obligés à trouver un compromis entre l'efficacité de l'intervention et la préservation du milieu (éviter les trouées trop importantes).

44 Efficacité de l'annélation.

Tableau n°4

n°	Age (ans)	Dg (m)	OKOUMES ANNELES SIMPLEMENT				DIVERS DEVITALISES PAR ARBORICIDE		
			ANNELES	MORTS			DEVITALISES	MORTS	
			Décembre 1989	Décembre 1990	Avril 1991	Décembre 1991	Décembre 1989	Décembre 1990	Décembre 1991
7	17	0,21	76	54 %	86 %	97 %	24	100 %	-
8	18	0,20	93	69 %	96 %	100 %	28	100 %	-
14	20	0,25	45	67 %	89 %	96 %	15	100 %	-
6	22	0,23	68	35 %	64 %	96 %	3	100 %	-
4	23	0,23	26	65 %	92 %	100 %	19	100 %	-
5	24	0,24	72	43 %	67 %	94 %	32	100 %	-
12	24	0,33	58	64 %	83 %	100 %	14	100 %	-
11	24	0,34	39	62 %	82 %	100 %	16	100 %	-
13	24	0,34	40	47 %	75 %	100 %	12	100 %	-
9	42	0,45	35	34 %	54 %	86 %	4	100 %	-
2	45	0,51	71	14 %	35 %	69 %	1	0 %	0 %
1	45	0,52	41	15 %	44 %	51 %	7	43 %	57 %
3	45	0,56	31	10 %	60 %	81 %	1	100 %	-

On remarque que dans les parcelles âgées de 15 à 30 ans, seulement 60 % des Okoumés étaient morts un an après l'éclaircie et environ 100 % deux ans après.

Dans les parcelles âgées de 40 ans et plus, 20 à 50 % des Okoumés étaient toujours vivants deux ans après éclaircie.

Les essences secondaires ont mis un temps relativement court pour mourir.

5 - TRAITEMENT DES DONNEES

51 Les jeunes parcelles.

Les données sont saisies et traitées en partie au Gabon sur micro-ordinateur. Le fichier se présente comme ceci à la fin de l'année 1991 :

16020145601098904300090 1807900530013015069105500170
16020145701098904550200 1807900680022015069108700260
16015445801098906000110 1807900650013515069106600160

Age Group	Percentage
18-24	10%
25-34	15%
35-44	12%
45-54	18%
55-64	10%
65+	35%

Nom du fichier JEUNPAR
Format d'enregistrement :

N° Parcelle	XX
N° Carré	XX
Code essence	XX
N° Arbre	XXX

Mesure campagne 3	XXXXXX (date)
1989	XXXX (hauteur en cm)
	XXXX (circonférence en mm)
	X (forme)
Mesure campagne 4	XXXXXX (date)
1990	XXXX (hauteur)
	XXXX (circonférence)
Mesure campagne 5	XXXXXX (date)
1991	XXXX (hauteur)
	XXXX (circonférence)

52 Les autres parcelles.

Les données sont saisies au Gabon sur un micro-ordinateur. Envoyées sur disquette au C.T.F.T, elles sont traitées par la division Biométrie. Le fichier à la fin de la quatrième campagne se présentait comme ceci :

1 1 101037220150987231315150988231320160989231330190990231330
1 1 201122217150987121160150988121180160989121205190990121215



Nom du fichier GABON.004
Format d'enregistrement:

N° Parcelle	XX	
N° Carré	XX	
N° Arbre	XXX	
Code essence	XX	
Coordonnées	XXXXXX	
Mesure campagne 1	XXXXXX	(date)
	X	(strate)
1987	X	(forme)
	XXXX	(circonférence)
Mesure campagne 2	XXXXXX	(date)
	X	(strate)
1988	X	(forme)
	XXXX	(circonférence)
Mesure campagne 3	XXXXXX	(date)
	X	(strate)
1990	X	(Forme)
	XXXX	(circonférence)
Mesure campagne 4	XXXXXX	(date)
	X	(strate)
1991	X	(forme)
	XXXX	(circonférence)

Voir en annexe I, la fiche de parcelle type.

Au total, le nombre d'arbres étudiés s'élève à 13.726, répartis de la manière suivante :

- Okoumé (<i>Aucoumea klaineana</i>)	: 9.788
- Ozouga (<i>Sacoglottis gabonensis</i>)	: 862
- Okala (<i>Xylophia aethiopica</i>)	: 484
- Angoa (<i>Erismadelphus exsul</i>)	: 367
- Medzim kogho (<i>Psychotria gabonica</i>)	: 308
- Nssa (<i>Maprounea membranacea</i>)	: 269
- Assongho (<i>Anthostema aubryanum</i>)	: 160
- Tali (<i>Erytrophleum ivorense</i>)	: 90
- Mbang (<i>Chrysobalanus spp</i>)	: 83
- Eveuss (<i>Klainedoxa gabonensis</i>)	: 57
- Autres espèces (liste en annexe II)	: 1.258

QUATRIEME PARTIE

COMPOSITION ET STRUCTURE DES PEUPLEMENTS
NATURELS DE LA REGION D'OYANE

INTRODUCTION

Cette quatrième partie n'est pas seulement une description de la structure et de la composition des peuplements naturels. Les résultats obtenus sont indispensables pour la construction des tables de croissance.

La "pureté" des peuplements sera déterminée par les résultats de l'étude de la composition floristique et par l'étude de la concurrence interspécifique.

L'évolution du nombre de tiges dans les différentes strates sera connue en étudiant de front les structures verticale et horizontale ainsi que les différents facteurs régulant le nombre des Okoumés.

Nous vérifierons, avec l'observation des structures diamétriques des différents peuplements si la dispersion des Okoumés autour du diamètre moyen peut être assimilée à une loi gaussienne. Nous pourrons alors appliquer les propriétés de symétrie et de dispersions très utiles pour connaître l'état du peuplement à maturité.

Enfin, un chapitre sur la stabilité des peuplements nous donnera des indications sur leur fragilité en vue d'une éventuelle intervention sylvicole.

CHAPITRE I

LA COMPOSITION FLORISTIQUE DES PEUPLEMENTS NATURELS

1 - INTRODUCTION

SAINT AUBIN (1963) et NICOLAS (1977) ont décrit précisément la forêt côtière et particulièrement les associations forestières caractéristiques de cette forêt.

Nous l'avons vu dans les deux premières parties, les essences les plus rencontrées en dehors de l'Okoumé sont l'Ozouga, l'Angoa, l'Okala, le Tali, etc. En observant la composition des différents peuplements, nous avons remarqué dans certains cas l'absence de telle ou telle espèce alors que d'autres non mentionnées, y étaient relativement abondantes.

Le premier objectif de ce Chapitre est de décrire la composition floristique de ces peuplements d'Okoumé au fur et à mesure de leur vieillissement.

Le classement des stations en fonction des espèces rencontrées n'ayant donné aucun résultat, nous nous sommes rendus compte qu'un classement des peuplements en fonction de leur âge donnait des indications sur le comportement de quelques espèces.

Le deuxième objectif de ce chapitre est d'étudier le comportement des essences forestières liées à l'Okoumé en fonction de leur présence dans les différents types de peuplements.

Enfin, nous préciserons la notion de peuplements purs.

2 - LES DIFFERENTES ETAPES DE LA VIE D'UN PEUPLEMENT

21 La régénération naturelle. (0-10 ans)

211 La période 0-5 ans.

* Parcelle n° 31. 0,25 hectare.

Hauteur dominante : 1 mètre

Nombre de tiges : 2680 par hectare.

- Description.

Cette régénération naturelle d'Okoumé de deux ans sur sable illustre le dynamisme de cette essence dans la région. Les nombreux semis d'Okoumé sont dominés en hauteur par les rejets des essences présentes avant l'abattage qui ont résisté au feu. La vigueur du peuplement est bonne, mais les éléphants font de nombreux dégâts sur les Okoumés (voir chapitre II).

Les essences rencontrées sont des pionnières, mais on peut noter l'absence de *Sacoglottis gabonensis* pourtant très abondant dans les recrûs forestiers. Cela est probablement dû à l'absence de semenciers à proximité de la parcelle et à la localisation particulière de cette parcelle (derrière le village).

- Composition floristique.

Aucoumea klaineana avec 69 % des tiges,
Harungana madagascariensis avec 11 %,
Macaranga saccifera avec 4 %,
Maprounea membranacea, *Pteleopsis hylodendron*, *Xylopia aethiopica*, *Psychotria gabonica* et *Baphia* spp.

Avec des rejets de l'ancienne forêt qui ont résisté aux feux :

Pteleopsis hylodendron : 192 souches avec plusieurs rejets.
Rabdophyllum sp. : 40 " " " "
Chrysobalanus spp. : 40 " " " "
Barteria spp. : 28 " " " "
Vitex pachyphylla et *Cnestis ferruginea*.

212 La période 5 - 10 ans.

* Parcelles n° 16 à 19, 30 et 33. 2,3 hectares.

Hauteur dominante : 10 mètres.

Nombre de tiges : 850 par hectare.

- Description des parcelles.

A ce stade, les peuplements ont un aspect très hétérogène. La hauteur, la densité et la composition floristique peuvent subir de très fortes variations à l'intérieur même des parcelles. L'importance de la fructification, les dégâts des éléphants, la qualité du sol et l'étendue de la parcelle sont autant de facteurs influant sur l'homogénéité.

La hauteur dominante de ces peuplements monostrates varie entre 6 et 10 mètres. La densité entre 600 et 1000 tiges par hectare.

- Composition floristique.

Aucoumea klaineana avec 70 % des tiges

Xylopia aethiopica avec 8 %

Sacoglottis gabonensis avec 4% et *Chrysobalanus spp.*, *Maprounea membranacea*, *Baphia spp.*, *Dialium spp.*, *Psychotria gabonica*.

Avec une végétation herbacée composée de :

Aframomum spp., *Pteridium aquilinum*, *Imperata cylindrica*.

On peut noter l'absence d'*Erismadelphus exsul* (Angoa) pourtant l'une des essences les plus abondantes dans la forêt côtière.

22 Deuxième étape : Période 10 - 20 ans.

* Parcelles n° 7, 8, et 14. 1,4 hectare.

Hauteur dominante : 10 à 25 mètres.

Nombre de tiges : 600 par hectare.

- Description.

La particularité des peuplements entre 10 et 20 ans est la pauvreté floristique. Moins de 20 essences sont représentées et seulement 7 d'entre elles le sont d'une manière significative (plus de 1 %). L'ensemble Okoumé, Ozoûga, Okala représente plus de 90 % des effectifs tous étages confondus. Le Tali (*Erythrophleum ivorense*) est très abondant, avec un port étalé qui empêche le développement des jeunes Okoumés. L'Angoa est absent.

Le peuplement est déjà hiérarchisé et la concurrence est intense dans l'étage supérieur.

- Composition floristique.

Aucoumea klaineana avec 81 % des tiges.
Xylopia aethiopica avec 7 %,
Sacoglottis gabonensis avec 3 %,
Erythrophleum ivorense avec 4 %,
Maprounea membranacea, *Psychotria gabonica*, avec 2 %,
Domele, *Chrysobalanus spp.*

23 Troisième étape : période 20 - 30 ans

* Parcelles n° 4 à 6, 10 à 13, 20, 28. 6, hectares.

Hauteur dominante : 25 à 35 mètres.

Nombre de tiges : 550 par hectare.

- Description.

Les espèces héliophiles installées sont toujours dominantes dans un peuplement très dynamique. D'autres essences apparaissent. Au total, on en dénombre une trentaine.

- Composition floristique.

Aucoumea klaineana avec 80 % des tiges.
Xylopia aethiopica avec 8 %,
Sacoglottis gabonensis avec 2 %,
Maprounea membranacea avec 2 %,
Psychotria gabonica, avec 2 %,
Chrysobalanus spp., *Erythrophleum ivorense*...

24 Quatrième étape : période 30-40 ans.

* Parcelles n° 25, 27, 29, 32. 3,3 hectares.

Hauteur dominante : 40 mètres et plus.

Nombre de tiges : très variable, de 335 à 520 par hectare.

- Description.

Dans l'étage dominant, les espèces héliophiles de faible taille laissent la place à l'Okoumé. Un sous-étage s'installe, principalement composé d'Okoumés dominés et d'essences d'ombre. C'est à cette période que l'on rencontre l'Angoa, absent dans les jeunes peuplements. Dans les parties humides, l'Assongo (*Anthostema aubryanum*) est abondant.

- Composition floristique.

On rencontre une cinquantaine d'espèces dont :

Aucoumea klaineana avec 65 % des tiges.

Erismadelphus exsul avec 7 %,

Xylopia aethiopica avec 5 %,

Sacoglottis gabonensis avec 5 %,

Psychotria gabonica avec 3 %.

25 Cinquième étape : 40 ans et plus.

* Parcelles n° 1 à 3, 9, 15, 21 à 24, 26, 34. 8,9 hectares.

Hauteur dominante : 40 mètres et plus.

Nombre de tiges : très variable, de 335 à 520 par ha.

- Description.

Ces peuplements "adultes" ont un étage dominant composé à 95 % d'Okoumés. Les strates inférieures sont composées d'essences à bois dur dont les inventaires varient en fonction des stations et de l'environnement forestier. On rencontre plus de 70 espèces dans ces peuplements âgés.

- Composition floristique.

Aucoumea klaineana avec 65 % des tiges.

Xylopia aethiopica avec 5 %,

Erismadelphus exul avec 6 %

Sacoglottis gabonensis avec 2 %,

Les espèces caractéristiques de cette période sont :

Coula edulis, *Klainedoxa gabonensis*, *Xylopia quintasii*,
Rabdophyllum sp.

26 Conclusion.

Avec plus de 65 % d'Okoumés (80 % entre 10 et 30 ans), ces peuplements d'Okoumé peuvent être considérés comme purs. Le nombre d'espèces présentes dans les peuplements rencontrés est relativement faible (environ 80) et principalement localisées dans le sous-étage. (voir en annexe II la liste des espèces rencontrées)

3 - COMPORTEMENT DE QUELQUES ESSENCES FORESTIERES

31 Les espèces à tempérament héliophile.

Très abondantes dans les premières années de la vie du peuplement, elles disparaissent si elles sont dominées par des essences plus vigoureuses. Parmi ces espèces, on trouve :

Macaranga saccifera.

Harungana madagascariensis.

Cnestis ferruginea.

Barteria spp.

Erythrophleum ivorense.

Anthocleista nobilis

L'Okoumé est une espèce de pleine lumière mais constitue un cas particulier que nous étudierons dans les chapitres à venir.

32 Les espèces à tempérament héliophile
supportant l'ombre.

Leur tempérament est plastique. Ces essences se rencontrent aussi bien dans l'étage dominant que dans l'étage dominé privé de lumière où leur développement est satisfaisant. Ce sont :

Sacoglottis gabonensis.
Xylopia aethiopica.
Maprounea membranacea.
Chrysobalanus spp.
Psychotria gabonica.
Dialium spp.
Baphia spp.

33 Les espèces à tempérament sciaphile.

On ne rencontre pas ces essences dans les jeunes peuplements. Principalement dans le sous-étage, ces espèces se sont développées sous le couvert des autres arbres. Ce sont :

Erismadelphus exsul.
Coula edulis.
Rabdophyllum sp.
Xylopia quintasii.
Klainedoxa gabonensis.
Staudia gabonensis.
 etc.

On peut noter le comportement d'*Erismadelphus exsul* qui a besoin d'ombre dans son jeune âge mais qui ensuite a un tempérament d'héliophile.

Cette liste n'est pas exhaustive, mais donne une indication sur le comportement de quelques espèces présentes dans les peuplements d'Okoumé sur sable.

34 Tableau n° 5 : Récapitulatif des fréquences de quelques espèces.

Classes d'âge

Espèces	0	10	20	30	40	et +
<i>Aucoumea klaineana</i>	70 %	81	80	65	65	
<i>Xylopia aethiopica</i>	8	7	8	5	5	
<i>Sacoglottis gabonensis</i>	4	3	2	5	2	
<i>Macaranga saccifera</i>	4					
<i>Harungana madagascar.</i>	11					
<i>Erythrophleum ivorense</i>	+	4	1			
<i>Chrysobalanus</i> spp.	+	+	+			
<i>Psychotria gabonica</i>	+	2	2	3	+	
<i>Maprounea membranacea</i>	3	2	2	+	+	
<i>Erismadelphus exsul</i>				7	6	
<i>Coula edulis</i>					+	
<i>Xylopia quintasii</i>					+	
<i>Klainedoxa gabonensis</i>					+	
<i>Rabdophyllum</i> sp.					+	

CHAPITRE II

ETUDE DE LA DENSITE EN OKOUME DANS LES PEUPELEMENTS NATURELS

1 - INTRODUCTION

Les fortes densités en Okoumés rencontrées dans certains peuplements naturels (plusieurs centaines de tiges par hectare) ont toujours étonné les observateurs.

Si vers 25 ou 30 ans, on peut compter jusqu'à 500 Okoumés par hectare, nous n'avons aucune indication sur la densité qu'il y avait à l'origine ni sur celle qu'il y aura à maturité du peuplement.

En ayant recours aux parcelles d'études utilisées comme parcelles semi-permanentes (plusieurs mesures successives faites à un an d'intervalle), nous étudierons l'évolution de la densité de la régénération naturelle jusqu'à maturité.

Dans un deuxième temps, nous passerons en revue les différents facteurs qui interviennent sur cette densité en Okoumé.

Bien que la présente étude soit consacrée presque exclusivement à l'étage dominant, nous étudierons les densités totales en Okoumé, considérant que les Okoumés dominés sont des victimes ou des rebuts de la lutte intense pour la lumière dans l'étage dominant. A ce titre, l'étage dominé peut être révélateur d'une densité importante de l'étage dominant lors d'un passé plus ou moins lointain.

2 - LES DENSITES RENCONTREES DANS LES PEUPLEMENTS NATURELS

21 Observations précédentes.

Les densités en Okoumé rencontrées dans certains peuplements naturels sont très variables. En 1958, J.GAUCHOTTE, avait déjà divisé les peuplements en 4 classes de densité suivant leur diamètre moyen.

Tableau n° 6 : Classement par le service forestier des peuplements d'Okoumé en fonction de leur densité.

DIAMETRES	DENSITES			
	Peu dense	Moyennement dense	Très dense	Exceptionnelle
< à 20	160 à 250	250 à 330	330 à 400	400, et +
20 à 40	80 à 120	120 à 160	160 à 200	200 et +
40 à 60	30 à 50	50 à 70	70 à 100	100 et +
> à 60	15 à 35	35 à 55	55 à 80	80 et +

En dessous de 15 cm de diamètre moyen, ces critères ne sont pas applicables.

* Commentaires du tableau n° 6.

On voit qu'il n'y a pas de règles quant aux densités en Okoumés rencontrés. Celles-ci peuvent varier du simple au double. Dans le paragraphe suivant, nous verrons si une telle variabilité se rencontre dans nos parcelles d'étude et si des regroupements peuvent être effectués.

22 Densités rencontrées dans les parcelles d'étude.

Tableau n° 7 : Densités en Okoumé.

Age	Parcelles	N/ha mini	N/ha Maxi	Moyenne	Ecart type	Cv %
5-10	16-30-33	555	1905	1230	675	55
15-16	7-8	416	544	480	64	13
18-20	6-14	472	478	475	3	1
21-22	4-5-11-12 13-28	336	590	421	79	19
23-25	10-20	571	629	600	29	5
32-33	25-27-29-32	253	553	350	121	35
35	34	-	-	360	-	-
39-41	9-15-22-24	137	365	302	96	32
43	1-2-3	234	360	293	57	19
49-50	21-26	223	297	264	32	12
53	23	-	-	180	-	-

* Commentaires du tableau n° 7.

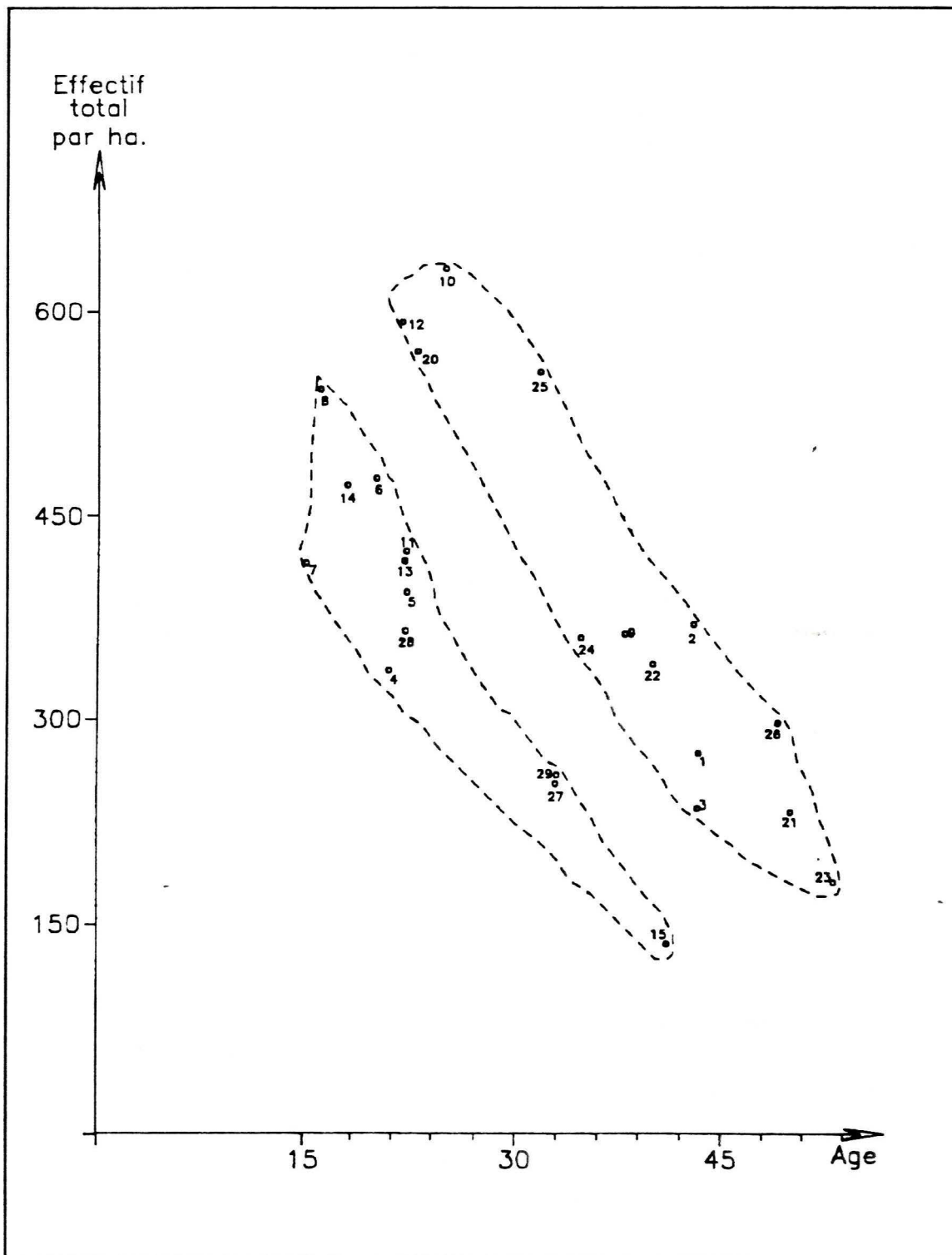
Ce tableau met en évidence la disparité des peuplements en matière de densité.

On remarque que la variabilité du nombre de tiges à l'hectare est importante à l'intérieur d'une même classe d'âge, les écarts pouvant être considérables d'un peuplement à l'autre (2 fois).

A l'état brut, nous ne pouvons tirer aucun résultat de ces données. La figure n° 5 ci-après va nous permettre de regrouper certaines parcelles.

23 Evolution de la densité avec le temps.

Figure n° 5 : effectif en Okoumé en fonction de l'âge



* Commentaires de la figure n° 5.

En regardant attentivement le graphique, on distingue deux groupes de parcelles :

- Le groupe que nous appellerons n° 1 où l'on rencontre des densités par hectare allant de 600 Okoumés à 20 ans à 200 Okoumés à 50 ans.
- Le groupe n° 2 avec des densités par hectare allant de 500 Okoumés à 15 ans à 140 Okoumés à 40 ans.

Ces deux ensembles de parcelles peuvent retracer l'évolution de deux peuplements naturels avec des densités de départ différentes.

Si la limite entre ces deux groupes de parcelles est nette jusqu'à 30 ans, après cet âge, elle devient plus diffuse et quelques unes d'entre elles peuvent être difficilement classées.

Le tableau suivant résume les densités rencontrées dans les deux groupes.

Tableau n° 8 : Evolution probable de la densité en Okoumé.

AGE	DENSITES TOTALES EN OKOUME PAR HECTARE	
	GROUPE N°1 TRES FORTES DENSITES	GROUPE N°2 DENSITES PLUS FAIBLES
15 ans	-	500 (parcelles 7 et 8)
20 ans	620	420 (parcelles 14 et 6)
25 ans	550 (parcelles 10,12,20)	350 (parcelles 4,5,11,13)
30 ans	480 (parcelle 25)	300
35 ans	425 (parcelle 34)	270 (parcelles 27,29,32)
40 ans	350 (parcelles 22,24,9)	200 (parcelles 15 et 29)
45 ans	275 (parcelles 1,2,3)	-
50 ans	225 (parcelles 21,26)	-

* Commentaires du tableau n° 8.

On peut admettre une mortalité d'environ 15 Okoumés par hectare et par an pour les parcelles très denses et d'environ 10 Okoumés par hectare et par an pour les autres parcelles.

24 Variations de la densité des parcelles sur une courte période (2 à 3 ans).

Les mortalités annoncées dans le précédent paragraphe peuvent être comparées à celles réellement observées dans les parcelles d'étude entre 1987 et 1991.

En comparant les densités de départ et celles rencontrées dans les mêmes parcelles après deux années pour les parcelles éclaircies en 1989, et après quatre années pour les autres parcelles, on constate les mortalités suivantes :

Tableau n° 9 : Mortalités dans les différentes parcelles.

Okoumés morts /hectare/an	PARCELLES
0 à 2	<u>3</u> , <u>4</u> , <u>6</u> , <u>7</u> , <u>8</u> , <u>14</u> , 15, 23, 29.
2 à 4	<u>1</u> , <u>2</u> , <u>5</u> , <u>9</u> , <u>13</u> , 21, 22, 24, 26.
4 à 6	20, 25, 34.
6 à 8	10.
8 à 10	<u>11</u> .
10 et +	<u>12</u> , 28.

Les parcelles soulignées n'ont été observées que pendant deux ans. Les autres parcelles ont été observées pendant trois années (4 ans pour la parcelle n°10).

* Commentaires du tableau n° 9.

La mortalité naturelle est très variable. Elle est plus importante dans les peuplements très denses (parcelles n° 10, 12, 20, 25). La tornade d'avril 1991 a occasionné des chablis et des chandelles importantes dans certaines parcelles (n° 10, 25, 28).

On est loin cependant des chiffres avancés au paragraphe précédent. D'où provient cette différence ?

On peut l'expliquer par le fait que beaucoup d'Okoumés moribonds du sous-étage ont été écartés lors de la première campagne de mesure. Les Okoumés mesurés sont donc relativement vigoureux et la mortalité s'en trouve diminuée.

D'autre part, les variations sur une courte période ne sont pas révélatrices d'une tendance à moyen ou à long terme. Sauf exceptions, les parcelles avec les plus faibles mortalités sont celles qui n'ont compté que deux années d'observation. Les diminutions de densité sont donc des phénomènes événementiels (tornades). Les résultats des deux approches pourront être comparés sérieusement après une plus longue période d'observation.

Nous l'avons vu, les peuplements subissent des variations de densité dans le temps (diminution avec l'âge) mais aussi dans l'espace (d'un peuplement à l'autre). Nous allons maintenant tenter de cerner les facteurs à l'origine de ces variations.

3 - LES FACTEURS INTERVENANT SUR LA DENSITE

31 Introduction.

Ce paragraphe a pour but de décrire les différents facteurs intervenant ou régulant la densité.

32 La qualité de la régénération naturelle (0-10 ans).

Nous avons énuméré en première partie les conditions nécessaires à une bonne régénération. A titre d'exemple, nous ne citerons que des cas de densités rencontrées dans de jeunes peuplements.

Tableau n° 10 : Densités en Okoumés dans les jeunes peuplements.

Auteur	Peuplement	date	Age	N/ha
GAUCHOTTE (1958)	BIGOUGNAN Plle 1	1954	?	1110
"	EVARO Placette A	1952	?	3500
"	Placette B	1952	?	1300
"	Placette C	1952	?	665
"	Placette D	1952	?	650
"	Placette E	1952	?	400
"	Placette F	1952	?	195
RIVIERE (1991)	OYANE Plle 16-19	1989	5	705
	Plle 30	1989	5	555
	Plle 31	1990	3	1908
	Plle 33	1991	7	1905

* Commentaires du tableau n° 10.

La densité de semis à l'hectare au moment de la régénération naturelle est de loin le facteur le plus important. Ce tableau fait apparaître des disparités très importantes d'un cas à l'autre. Les écarts vont de 1 à 3 (parfois 1 à 20). On peut considérer la régénération naturelle comme un capital de départ. A partir de ce capital, d'autres facteurs vont intervenir durant toute la vie des peuplements et faire chuter la densité.

33 L'action dévastatrice des éléphants (3-10 ans).

Dans les jeunes peuplements étudiés, les dégâts occasionnés par les éléphants sont importants. Très nombreux dans la région à proximité de la réserve présidentielle de WONGA-WONGUE, ces grands mammifères bénéficient d'un biotope très favorable avec une mosaïque forêt-savanes, l'abondance des lacs, et l'isolement de la région.

On constate qu'en majorité, ce sont les jeunes Okoumés qui sont cassés. Les feuilles n'étant pas consommées. Est-ce l'odeur de térébenthine qui se dégage des Okoumés qui intrigue les éléphants ? Les dégâts sont multiples : chablis, arbres cassés, branches arrachées qui entraînent dans la plupart des cas la mort de l'arbre.

Tableau n° 11 : Dégâts des éléphants dans les jeunes parcelles.

N° Parcelle	1989 *	1990		1991	
	cassés vivants	cassés vivants	cassés morts	cassés vivants	cassés morts
16	5 %	18 %	11 %	1 %	9 %
17	2 %	10 %	8 %	1 %	16 %
18	3 %	8 %	10 %	3 %	5 %
19	4 %	12 %	10 %	5 %	8 %
30	22 %	7 %	21 %	17 %	16 %

* année de création de la parcelle.

* Commentaires du tableau n° 11.

Dans les parcelles n° 16 à n° 19, entre les mesures de 1989 et de 1991, c'est environ 20 % des Okoumés qui ont disparu. La parcelle n° 30 a été plus touchée. La mortalité est le double des autres parcelles.

Les arbres cassés peuvent rejeter, mais leur croissance se trouve fortement ralentie. Certains Okoumés sont cassés plusieurs années de suite. La structure des peuplements s'en trouve perturbée. Quelques Okoumés de 20 cm de diamètre ne dépassent pas cinq mètres de haut.

Ce lent démarrage des Okoumés dans leur jeune âge a été vérifié lors des analyses de tiges à la lecture des rondelles prélevées entre 0,5 m et 7,50 m (voir cinquième partie).

Les autres essences sont aussi touchées. Les dégâts se font sous forme de chablis et concernent, selon les années environ 5% des tiges.

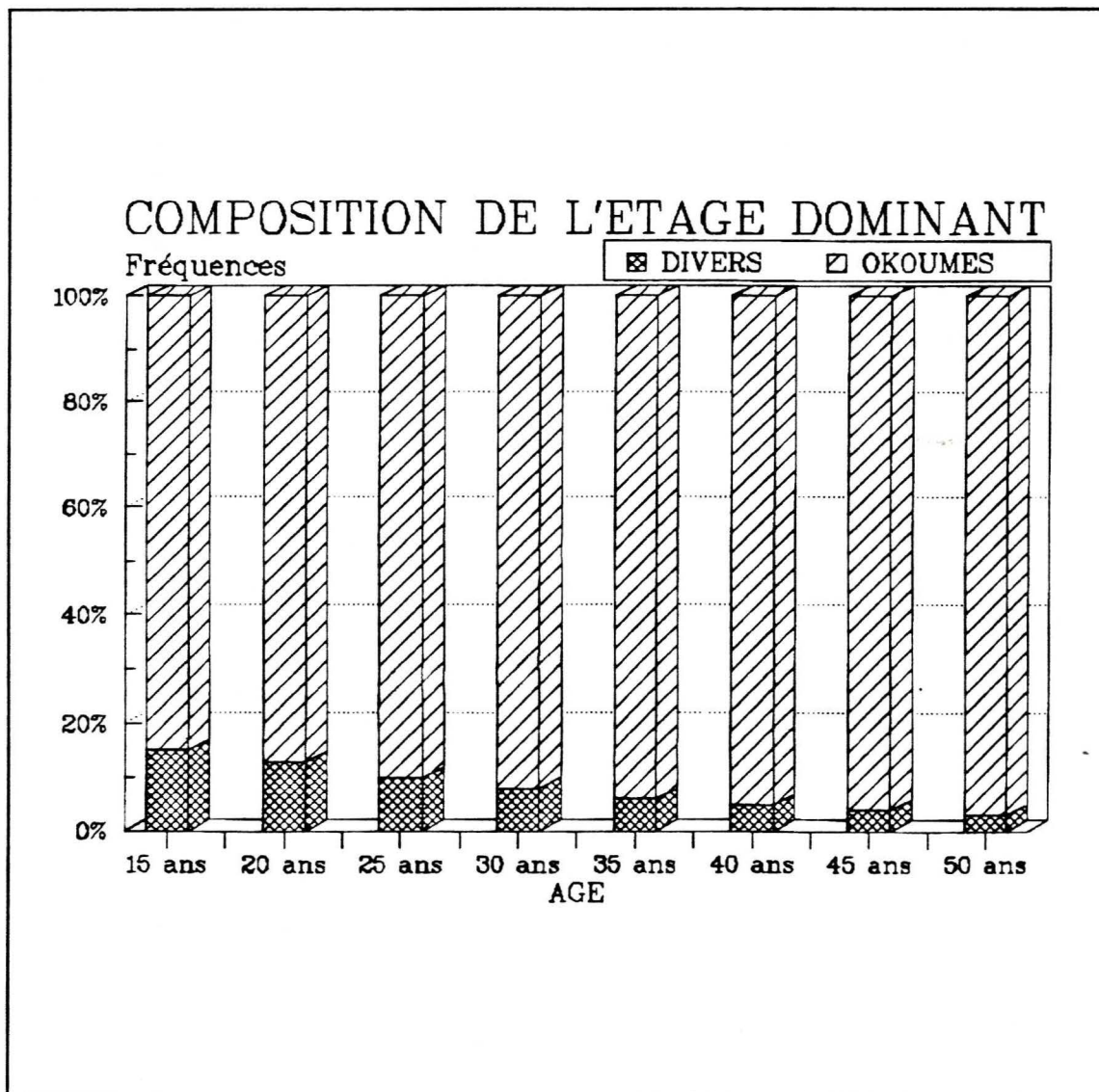
En conclusion, on peut affirmer que les éléphants sont le principal facteur de diminution de la densité dans les premières années du peuplement.

34 La concurrence interspécifique (10-25 ans).

Pour étudier la part des essences secondaires sur la concurrence, nous nous sommes exclusivement intéressés à l'étage dominant.

Les histogrammes de la figure n° 6 nous montrent les fréquences en Okoumé et en essences secondaires dans l'étage dominant en fonction de l'âge du peuplement.

Figure n° 6 : Composition de l'étage dominant.



* Commentaires de la figure n° 6.

90 % des arbres de l'étage dominant sont des Okoumés. La proportion d'essences secondaires diminue avec le vieillissement des peuplements. La concurrence est remarquable jusqu'à 25 ans.

Ce sont souvent des arbres préexistants, Tali, *Erythrophleum ivorense* ou Ozouga, *Sacoglottis gabonensis* aux branches très étalées qui gênent les Okoumés. Après 25 ans, avec une hauteur de 30 à 35 mètres, l'Okoumé n'est concurrencé que par l'Angoa, *Erismadelphus exsul*, l'Ilomba, *Pycnanthus angolensis*, l'Eveuss, *Klainedoxa gabonensis* au port en boule et parfois l'Okala, *Xylopia aethiopica* au houppier modeste.

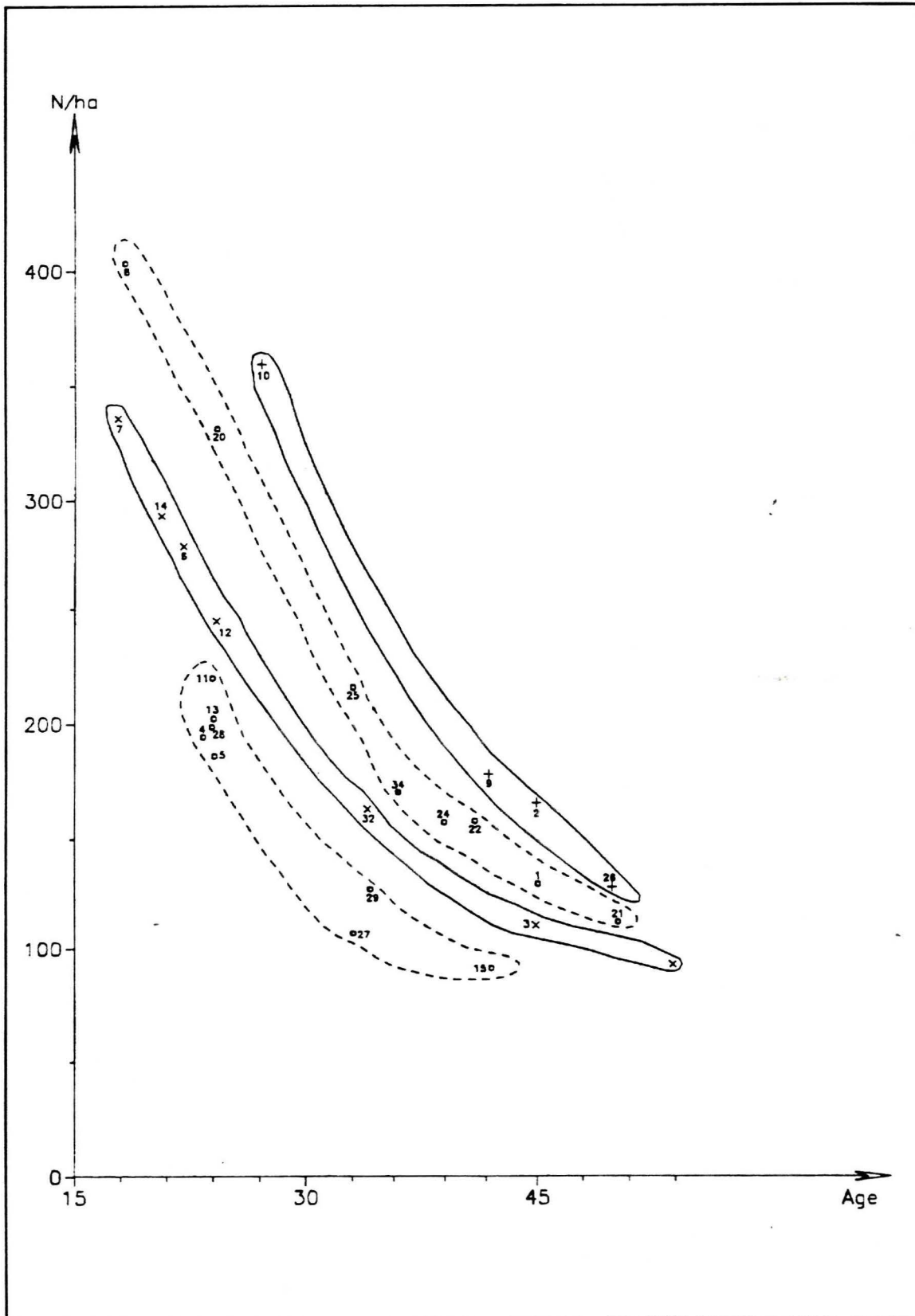
35 La concurrence intraspécifique.

C'est dans l'étage dominant que les effets de la compétition pour la lumière sont le plus spectaculaires. L'Okoumé, espèce héliophile, a besoin d'avoir son houppier directement exposé à la lumière pour se développer. Les fortes densités issues de régénérations naturelles entraînent une lutte intense pour la lumière quand le peuplement commence à se fermer (10-15 ans). La majorité des houppiers sont étriés et les arbres les plus vigoureux prennent le dessus.

Pour étudier les conséquences de cette compétition, nous ne nous sommes intéressés qu'aux Okoumés de l'étage dominant.

La figure n° 7 ci-après donne un aperçu de l'évolution de la densité en Okoumé dans l'étage dominant.

Figure n° 7 : Evolution de la densité en Okoumé dans l'étage dominant.



* Commentaires de la figure n° 7.

L'observation des densités de l'étage dominant montre que :

- Des écarts de densité apparaissent d'une façon aussi marquée que pour les effectifs totaux étudiés au paragraphe 23.

- On remarque cette fois non pas deux mais quatre types de peuplements.

- Les parcelles ayant un effectif total élevé ont aussi un étage dominant très dense.

- Certaines parcelles ayant une densité totale relativement faible peuvent avoir une concentration importante d'Okoumés dans l'étage dominant en raison de la plus faible concurrence. C'est le cas de la parcelle n° 8.

Les quatre groupes peuvent représenter l'évolution de quatre bouquets d'Okoumés dominants avec des densités très différentes à la fin de la régénération.

La notion d'évolution de la densité dans l'étage dominant est déterminante pour la modélisation de la croissance en diamètre des peuplements. Le diamètre étant fonction de la densité, Il subira des variations importante pour un même âge dans les trois groupes repérés ci-avant.

On peut donner l'évolution de la densité en Okoumés dominants en fonction de l'âge dans trois de ces quatre groupes.

Tableau n° 12 : Densités en Okoumé dans l'étage dominant.

AGE	DENSITE DE L'ETAGE DOMINANT*		
	TRES DENSES	DENSES	PEU DENSES
15 ans	450	-	320
20 ans	385	300	250
25 ans	320	240	190
30 ans	250	195	140
35 ans	190	155	110
40 ans	155	125	95
45 ans	135	110	85
50 ans	120	100	80

* Estimations

* Commentaires du tableau n° 12.

On constate dans tous les cas que les deux tiers des Okoumés ont disparu de l'étage dominant en l'espace de 25 ans. Que deviennent ces arbres ?

Le rythme de passage vers les strates inférieures ne peut être connu qu'en étudiant la structure verticale des peuplements.

4 - CONCLUSION SUR LA DENSITE DES PEUPLEMENTS

Si l'approche réalisée avec les parcelles d'étude a ses limites, elle donne de bonnes indications sur la densité des peuplements naturels et sur les facteurs la faisant évoluer.

On peut retenir les points suivants :

- La densité de la régénération naturelle est déterminante pour l'avenir du peuplement.

- Jusqu'à 10 ans environ, les éléphants peuvent occasionner des dégâts considérables sur les jeunes Okoumés.

- La lutte pour la lumière entre les Okoumés est intense durant toute la vie du peuplement. Les rares essences de lumière ne concurrencent l'Okoumé que lors des premières années. La vitalité de cette espèce permet ensuite de dominer ses concurrents.

- Indépendamment de l'évolution globale du peuplement, on a pu dégager quatre types d'évolution de l'étage dominant.

- Il faudrait une bonne dizaine d'années d'observations supplémentaires pour confirmer ces résultats.

CHAPITRE III

STRUCTURE VERTICALE DES PEUPLEMENTS NATURELS (Etude des différentes strates)

1 - INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous décrirons les différentes strates composant les peuplements naturels d'Okoumé.

Ces strates ne sont pas figées dans le temps, aussi décrirons-nous leur dynamique. Cette étude va permettre de mettre en évidence le rôle des anastomoses racinaires, véritable particularité de l'Okoumé.

L'utilisation des parcelles semi-permanentes, comme dans le précédent chapitre, nous permet de réaliser cette étude.

2 - DEFINITION DES DIFFERENTES STRATES DU PEUPEMENT

La hiérarchie des peuplements, d'origine naturelle ou artificielle, est une des originalités de cette espèce. La stratification des peuplements a été fort bien décrite par J.LEROY-DEVAL, (1974) et B.DUPUY, (1983).

Progressivement, les peuplements se divisent en deux, puis en trois strates.

A partir de 15-20 ans, le peuplement est nettement divisé en trois strates qui sont définies comme suit : (figure n° 8)

La strate dominante : A ce niveau où la concurrence est la plus forte, les arbres ont leur houppier directement exposé à la lumière. Quelques uns sortent du lot et ne sont pas en compétition pour la lumière, ce sont les émergents. Cette élite est souvent constituée d'arbres préexistants.

La strate codominante : Les arbres de cet étage ont le sommet de leur cime juste au dessous du houppier des arbres de l'étage dominant. C'est une strate intermédiaire de passage vers l'étage inférieur. Ces arbres sont des "rebuts" de l'étage dominant et finiront leur vie, faute de lumière, dans l'étage inférieur. Au moindre chablis, ces Okoumés sont prêts à monter vers le niveau supérieur.

La strate dominée : Le sommet de ces arbres est nettement en dessous des autres arbres et ils ne bénéficient plus de la lumière. Dans cette strate, la mortalité est très importante et les houppiers sont parfois réduits à leur plus simple expression. Contrairement aux autres strates, on note des écarts de hauteur importants parmi les individus dominés.

Il est important de bien définir ces strates car d'autres auteurs ont, par le passé, utilisé les mêmes termes pour des étages différents. A nos émergents correspondent les dominants de B.DUPUY (1983), et à nos dominants correspondent ses codominants.

3 - DYNAMIQUE DES STRATES

31 Evolution générale avec le temps.

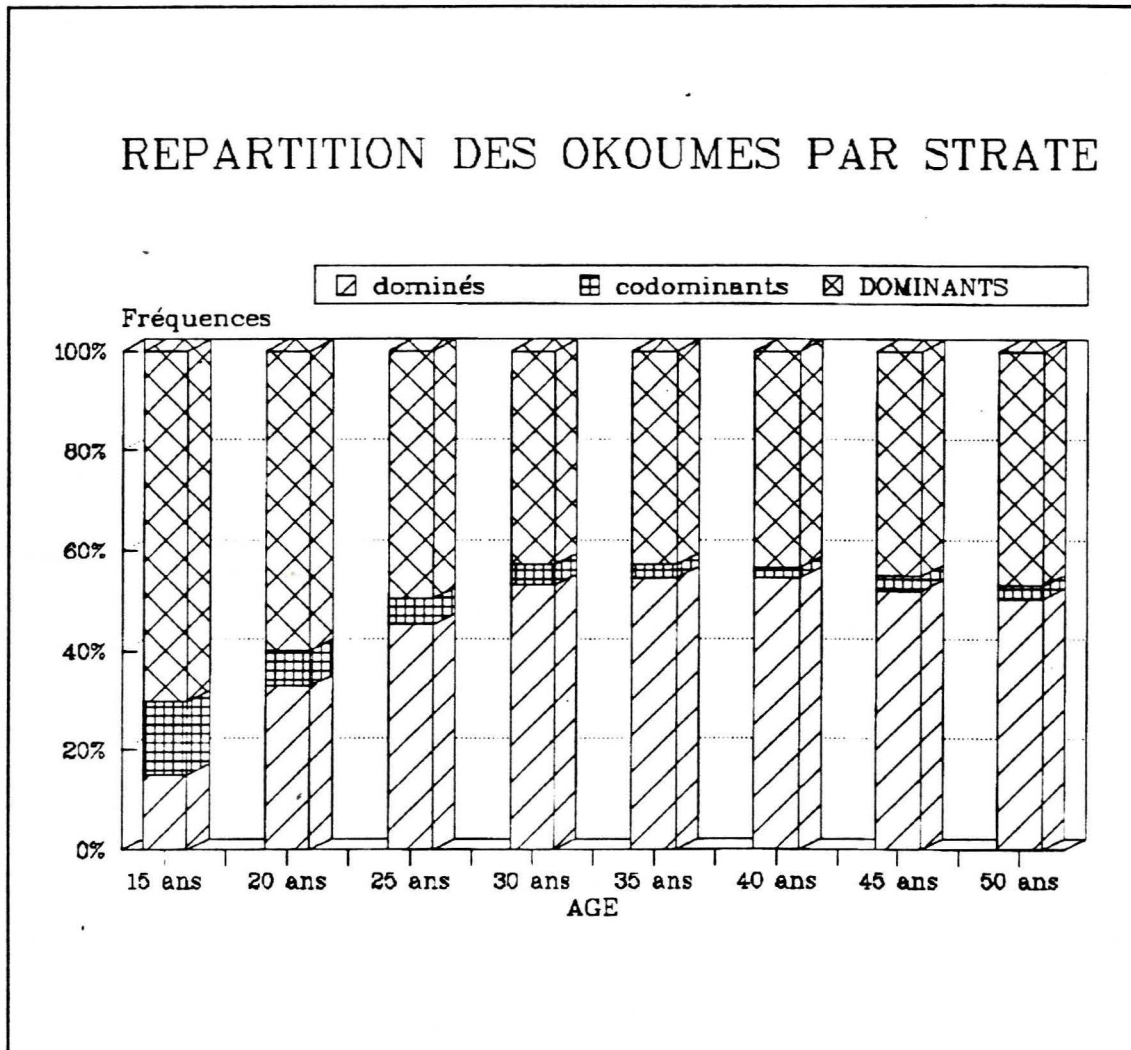
La période 0-5 ans : le peuplement est du type monostrate. La hauteur est de 8 mètres environ à 5 ans.

La période 5-10 ans : Vers 8 ans, la régénération n'est pas encore terminée. Quelques semis s'installent dans les zones vides mais ils sont dominés par des Okoumés légèrement plus vieux. Le peuplement est alors bistrate.

La période 10-20 ans : La régénération naturelle est terminée. Le peuplement se hiérarchise. La lutte pour la lumière est intense. Les deux étages se différencient nettement, une troisième strate intermédiaire apparaît : ce sont les codominants.

Après 20 ans, la structure verticale ne change guère. La différence de hauteur entre la strate dominante et la strate dominée s'accroît.

Figure n° 8 : Dynamique des trois strates.



* Commentaires de la figure n° 8.

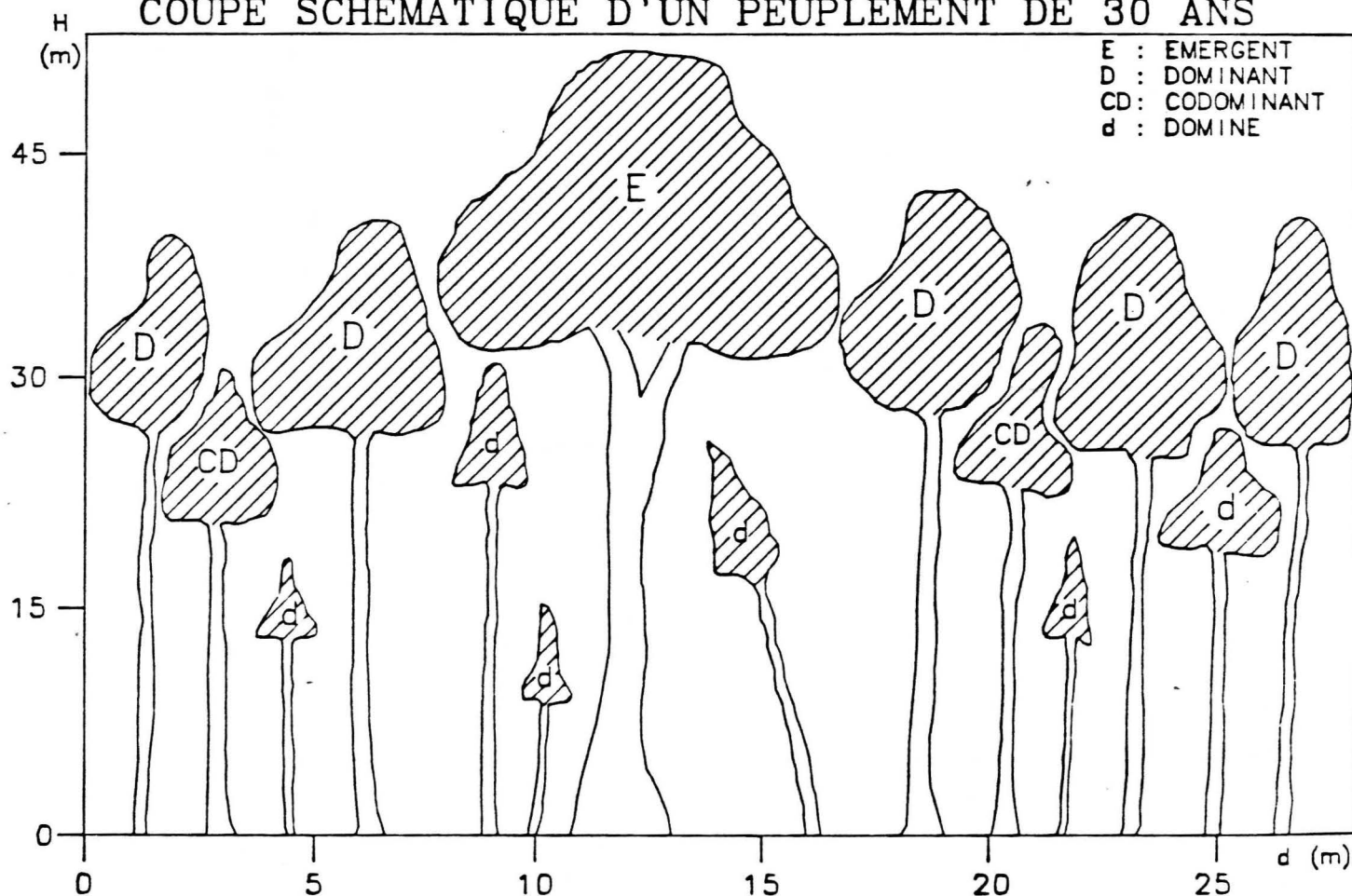
A 15 ans, la strate dominante regroupe 75 % des Okoumés. Son importance diminue jusqu'à 35 ans où elle ne regroupe plus que la moitié des Okoumés. Elle se stabilise à environ 50 % jusqu'à maturité du peuplement.

La strate codominante, strate qui passe de 15 % à 15 ans quand le peuplement est en pleine structuration à 3 % à 35 ans pour se stabiliser à cette valeur.

La strate dominée suit une évolution inverse à la strate dominante. De 15 % à 15 ans, elle se stabilise à 50 % à 35 ans.

Figure n° 9 : visualisation des trois strates.

COUPE SCHEMATIQUE D'UN PEUPLEMENT DE 30 ANS



32 Passage des Okoumés d'une strate à l'autre.

321 Introduction. -----

Nous l'avons vu au précédent chapitre, la concurrence inter et intraspécifique dans l'étage dominant provoque une diminution de la densité. Cette diminution n'est pas brutale.

Dans ce paragraphe, nous décrirons le dépérissement des Okoumés par leur passage dans les trois étages au fur et à mesure du vieillissement des peuplements.

322 Méthodologie. -----

Le principe de cette approche est pratiquement le même qu'au précédent chapitre. Il s'agit de faire succéder dans le temps des parcelles qui semblent avoir des densités identiques à celles définies au Chapitre II.

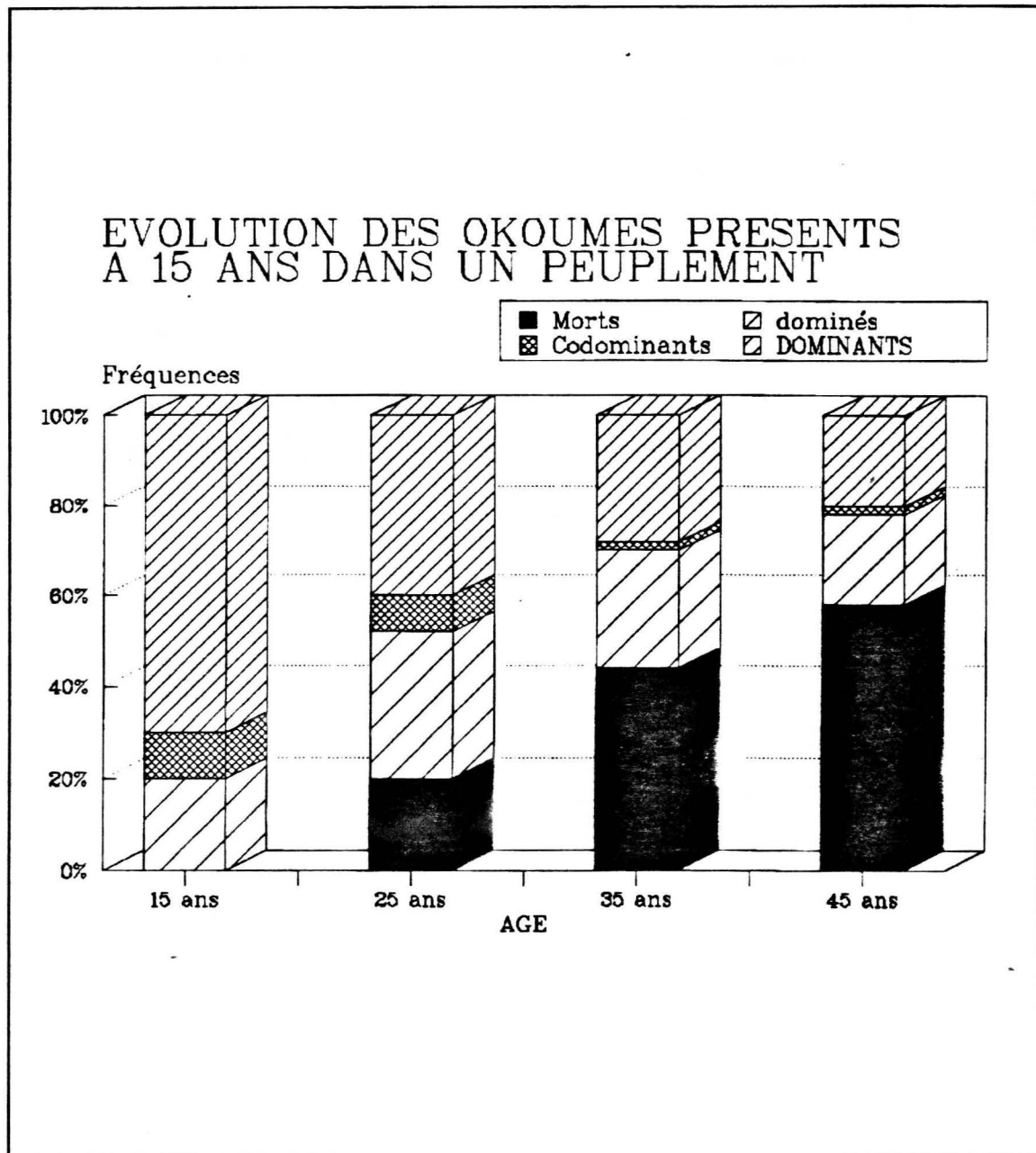
Pour le groupe n° 2 (cf paragraphe 23 chapitre II), nous avons pris la parcelle la plus jeune comme point de départ. Il s'agit du regroupement des parcelles n° 7 et n° 8, contiguës. Les différences de densité entre les parcelles plus vieilles et ces parcelles correspondent à des Okoumés morts. Parallèlement, nous avons classé les Okoumés vivants en trois strates (dominante, codominante et dominée).

Les données présentées sont celles de la troisième campagne de mesure en 1989. Avec l'expérience acquise, c'est à partir de cette année là que la distinction des trois strates a été faite la plus finement par les équipes de comptage. L'étage codominant, strate intermédiaire de passage est difficile à évaluer car sa détermination sur le terrain est fonction de critères trop subjectifs (position de l'observateur par rapport au houppier, quantité de lumière captée par une petite partie de celui-ci ...).

A partir des effectifs, nous avons calculé les moyennes par classes d'âge qui nous ont permis de construire les histogrammes de la figure n° 10.

Pour un peuplement âgé de 15 ans, ce graphique montre ce que sont devenus à 25 ans, 35 ans et 45 ans les Okoumés pré-sents au départ.

figure n° 10 : Evolution des Okoumés présents à 15 ans dans un peuplement naturel.



* Commentaires de la figure n° 10.

Le passage d'une strate à l'autre est dans la plupart des cas un mouvement régressif, excepté après un accident (chablis, chandelle) qui peut créer une trouée de lumière et permettre à des arbres dominés de reprendre leur place dans l'étage supérieur. Ce sont le plus souvent les Okoumés de l'étage dominant, avec la concurrence, qui, incapables de lutter pour la lumière, régressent dans les strates inférieures.

On remarque les faits suivants :

- 65 % des Okoumés de l'étage dominant à 15 ans sont passés dans les strates inférieures à 45 ans.
- La moitié des Okoumés sont morts en l'espace de 30 ans.
- La strate codominante diminue avec le vieillissement du peuplement.
- La fréquence de passage des Okoumés dominants vers les strates inférieures est à son maximum entre 15 et 35 ans.
- Le nombre d'Okoumés présents dans l'étage dominé reste important pendant toute la vie du peuplement. La logique voudrait que les Okoumés, privés de lumière meurent rapidement. L'explication vient des anastomoses racinaires, véritables liens entre les Okoumés que nous décrirons ci-après.

4 - LES ANASTOMOSES RACINAIRES

En constatant qu'environ cinq années après éclaircie, 10 % des souches d'Okoumés demeuraient intactes après cicatrisation, LEROY-DEVAL fit une fouille systématique des racines. Il découvrit alors des soudures entre les racines d'individus différents (anastomoses racinaires).

A partir d'observations, ses conclusions furent les suivantes :

- Les contacts ne se produisent qu'entre des Okoumés de strates différentes.
- Les contacts des racines permettent aux arbres les plus faibles de subsister à l'ombre grâce au flux de substances nutritives provenant des arbres vigoureux de l'étage dominant.
- En contrepartie, les Okoumés dominants bénéficient d'un ombrage du fût, d'une extension de la rhizosphère qui se multiplie dans différentes directions par adjonction des rhizosphères des arbres dominés ou codominants.

Ces anastomoses expliquent le nombre important d'individus privés de lumière qui subsistent dans l'étage dominé alors que logiquement ils devraient mourir.

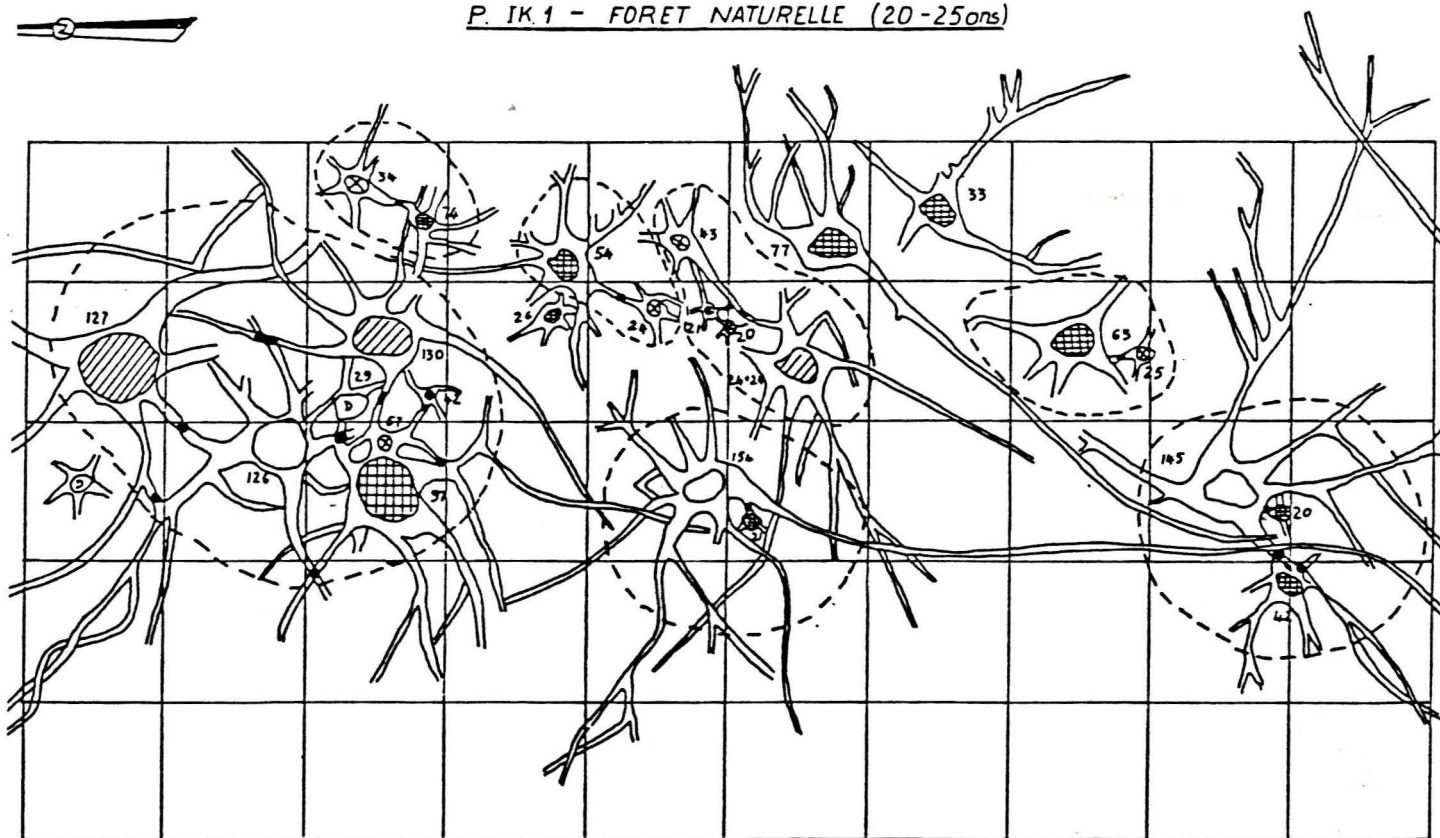
Cet étage a plus d'importance qu'il n'y paraît car il contribue à l'équilibre du peuplement. Les conséquences sylvicoles sont très importantes :

- Toute éclaircie sélective doit être réalisée dans l'étage dominant.
- Les Okoumés de l'étage dominé doivent être préservés même lors d'une opération sanitaire.

Figure n°11 : Les anastomoses racinaires, d'après LEROY-DEVAL (1974).

Fig. 4.03 - RHIZOSPHERE DE L'OKOUME - IKOY-BANDJA (Gabon) ,

P. IK.1 - FORET NATURELLE (20-25ans)



LEGENDE



Okoumé dominant
- dominé
- surcisé



Souche



Anastomoses

126

Circonférence de l'Okoumé



Bois divers



Cellule de base

1 m

5 - CONCLUSION SUR LA STRUCTURE VERTICALE DES PEUPLEMENTS D'OKOUME

La lecture des précédents chapitres nous conduisent à dire que :

- * A l'instar des peuplements artificiels d'Okoumé, on retrouve une stratification en trois parties.
- * Le passage des Okoumés d'une strate à l'autre est toujours régressif.
- * Dans un peuplement âgé de 15 ans, on peut affirmer que 30 ans plus tard, en raison de la concurrence intense :
 - la moitié des Okoumés seront morts naturellement,
 - 65 % des Okoumés de l'étage dominant seront passés dans les strates inférieures.
- * Un nombre important d'Okoumés dominés restent vivants tout en étant privés de lumière.
- * Certains Okoumés appartenant à des strates différentes sont soudés entre eux par des anastomoses racinaires, ce qui leur permet de survivre privés de lumière.
- * La structure diamétrique en Okoumé de l'étage dominant d'un peuplement a l'aspect d'une courbe de gauss. La vérification de la normalité des distributions permet d'assimiler la loi de répartition des fréquences à une loi normale entre 20 et 55 ans.
- * Ces peuplements très denses sont très instables. Toute tentative d'éclaircie tardive entraîne d'importants dégâts dûs au vent.

CHAPITRE IV

STRUCTURE DIAMETRIQUE DES PEUPLEMENTS

1 - DEFINITIONS

Nous reprendrons les définitions de B.ROLLET (1974) :

"On appelle structure diamétrique d'un peuplement, la distribution des diamètres à 1,30 m du sol de tous les arbres de ce peuplement (toutes espèces réunies) par classes diamétriques."

"On appelle structure d'une espèce, la distribution du nombre d'arbres de cette espèce par classe diamétrique."

Dans ce chapitre, nous étudierons les structures totales des peuplements à des âges différents mais l'essentiel de l'étude portera sur la structure diamétrique des Okoumés de l'étage dominant.

2 - STRUCTURE DIAMETRIQUE TOTALE DES PEUPLEMENTS

21 Présentation.

Les structures sont représentées par les histogrammes empilés des fréquences par classes de circonférences à partir de 30 cm. Pour éviter l'étalement des graphiques vers la droite, nous avons regroupé en une seule classe "220 et +" tous les arbres dont la circonférence à 1,30 m est supérieure ou égale à 220 cm.

Pour cette étude, nous avons retenu quatre phases dans la vie du peuplement :

- 1 - 15 ans, illustrée par les parcelles n°7 et n°8.
- 2 - 24 ans, illustrée par la parcelle n°11.
- 3 - 34 ans, illustrée par la parcelle n°32.
- 4 - 45 ans, illustrée par la parcelle n°3.

Figure n° 12 :

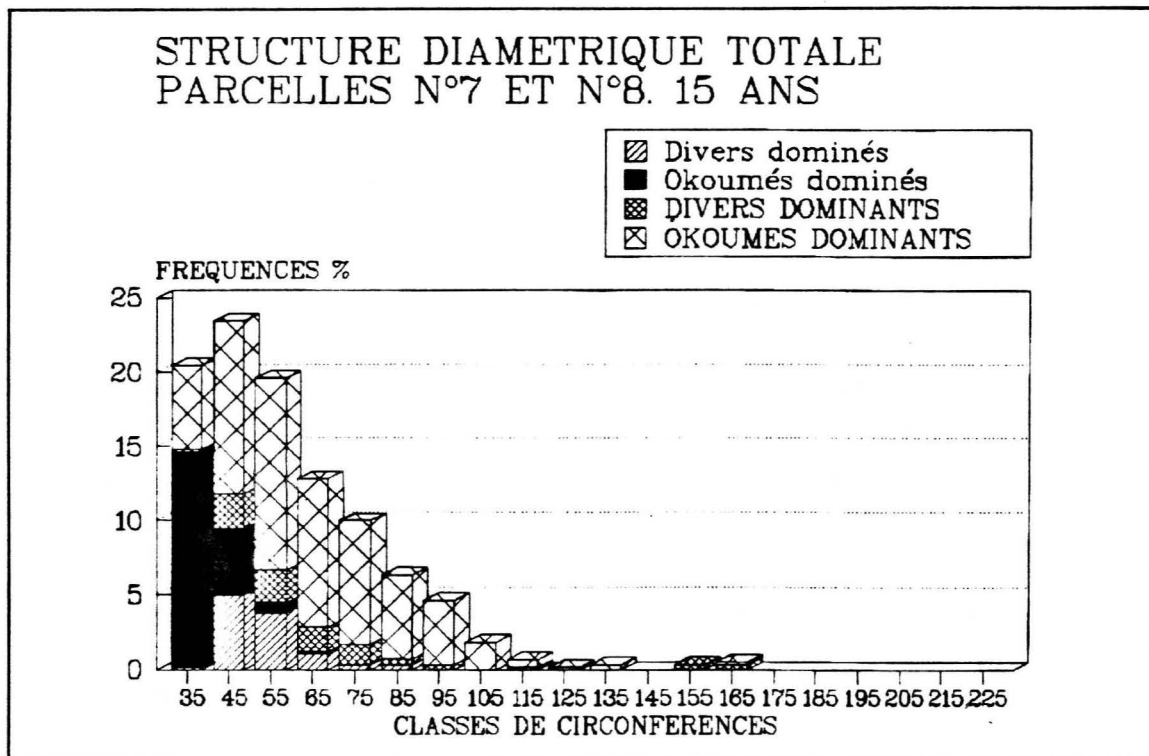


Figure n° 13 :

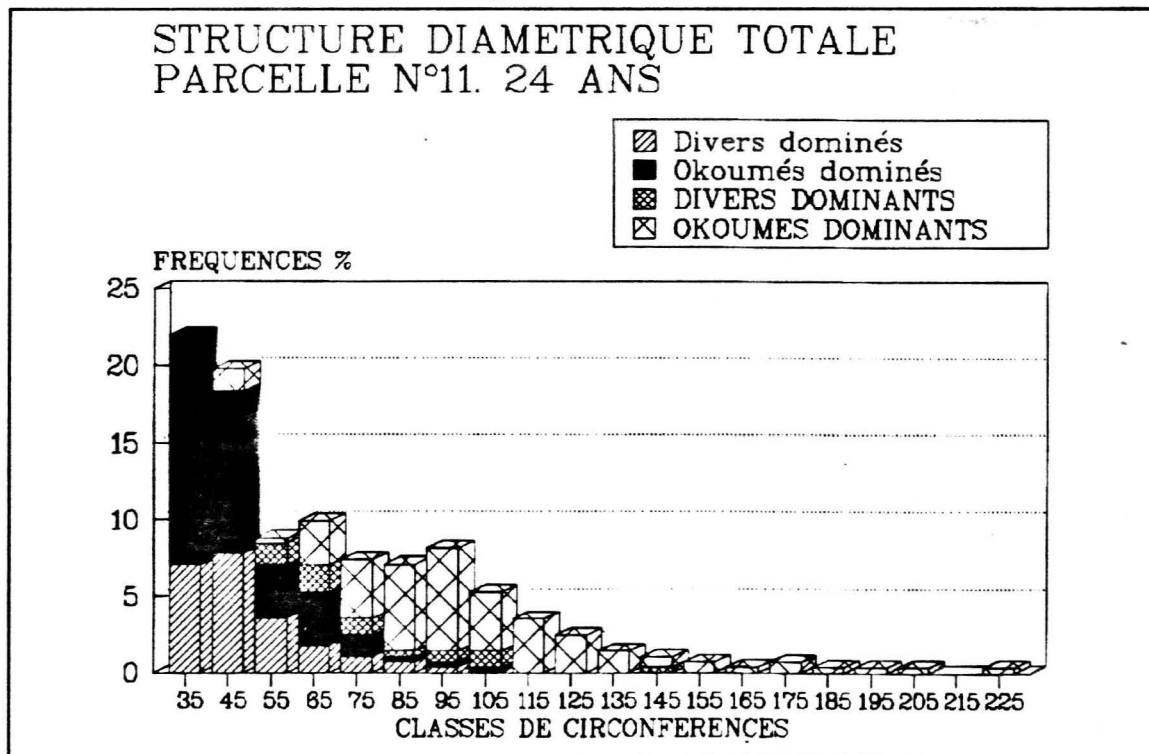


Figure n° 14 :

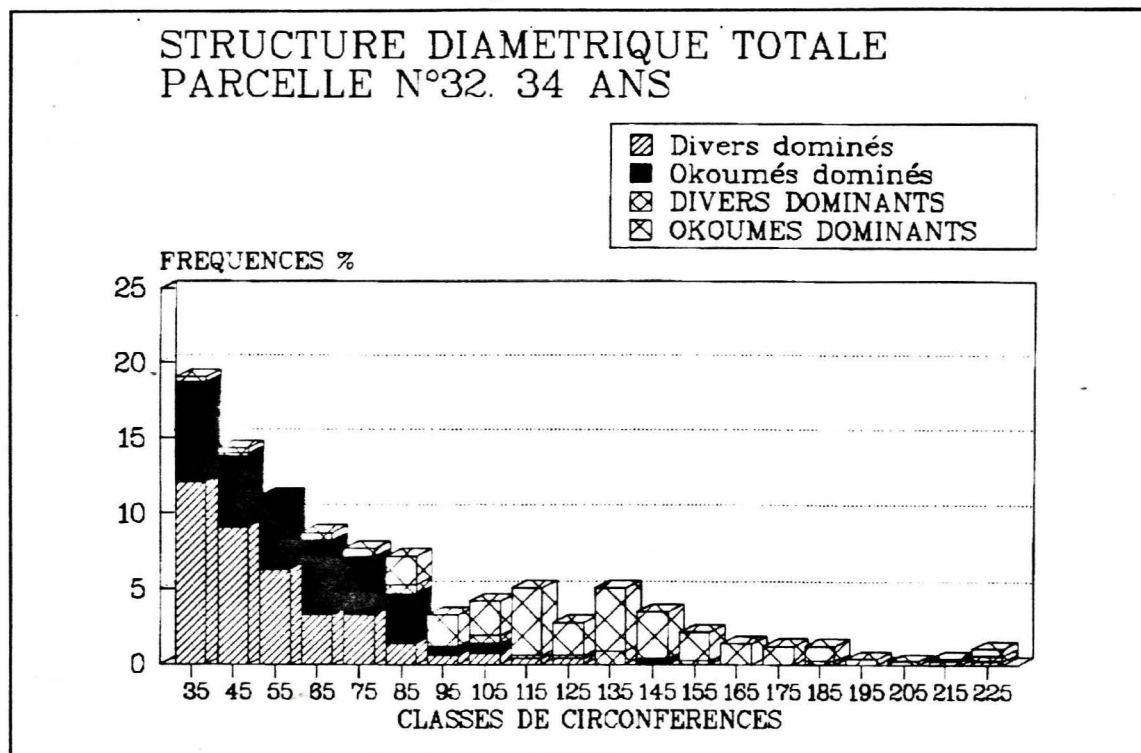
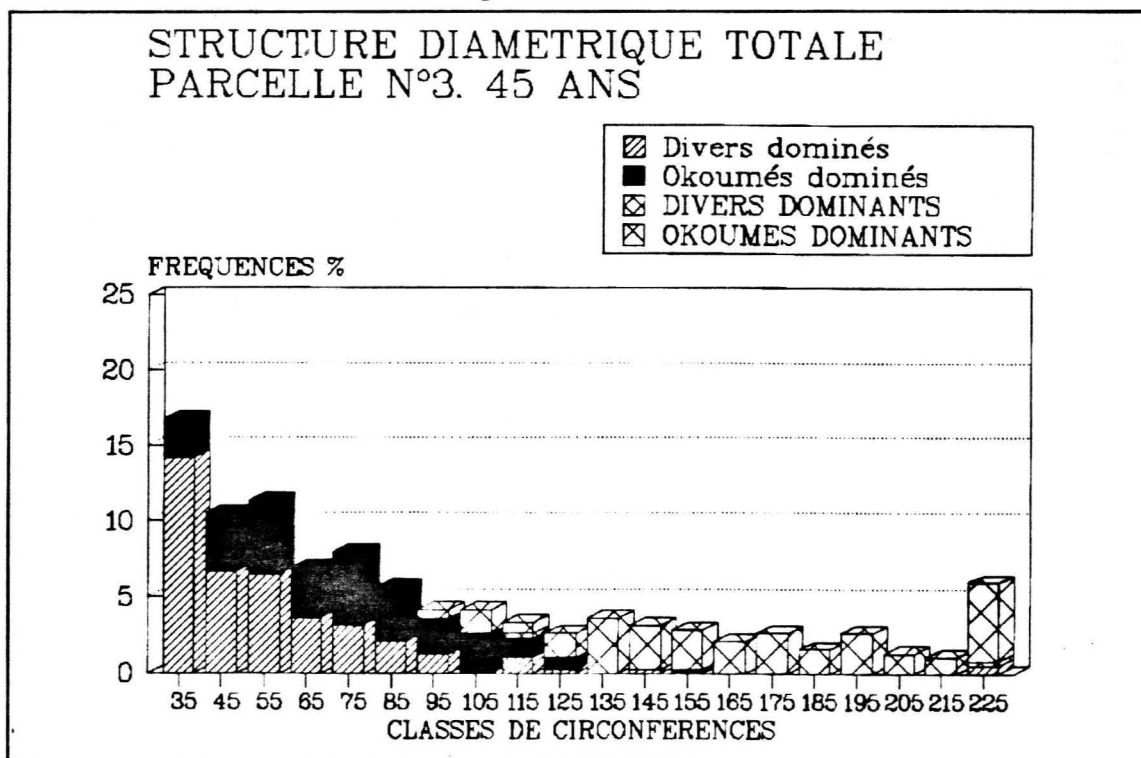


Figure n° 15 :



Les histogrammes des figures n° 14 à 17 sont décomposés en quatre parties:

- Les essences secondaires dominées.
- Les essences secondaires de l'étage dominant.
- Les Okoumés dominés.
- Les Okoumés de l'étage dominant.

22 Commentaires des différents histogrammes.

A 15 ans, le peuplement pris dans son ensemble a l'allure d'un peuplement régulier avec une forte proportion de petites tiges. L'étage dominé est principalement composé d'Okoumés.

A 24 ans, les histogrammes s'étalent. L'Okoumé est moins concurrencé par les autres essences dans l'étage supérieur. On rencontre plus d'essences secondaires parmi les petites tiges de l'étage dominé.

A 34 ans, ce sont les petites classes qui sont les plus représentées malgré le vieillissement du peuplement. Ces classes sont exclusivement composées d'arbres dominés. Les essences secondaires sont majoritaires .

A 45 ans, la tendance s'accentue avec une majorité de "divers" dans l'étage dominé. Dans l'ensemble, les classes extrêmes sont le plus représentées ; les plus petites composées d'essences secondaires du sous-étage et les plus grosses par des Okoumés dominants.

3 - STRUCTURE DIAMETRIQUE DES OKOUMES DOMINANTS

31 Introduction.

Le but est d'étudier la distribution des circonférences à divers stades du peuplement. A cet effet, nous avons sélectionné les mêmes parcelles que pour l'étude de la structure totale.

32 Représentation graphique des distributions.

Les distributions sont représentées par des histogrammes des fréquences des classes de circonférences (figures n° 18 et 19).

L'utilisation des fréquences à la place des effectifs permet une meilleure comparaison entre les différentes parcelles.

Les classes ont une amplitude de 10 cm et incluent la borne inférieure. Pour éviter des graphiques trop étalés, les circonférences supérieures ou égales à 220 cm ont été regroupées dans la classe "220 et +".

Sur le même graphique, les deux distributions donnent deux instantanés du peuplement à environ 10 ans d'intervalle.

33 Vérification de la normalité des distributions.

L'observation des histogrammes ci-dessous montre que certains polygones des fréquences (courbes reliant les sommets des histogrammes) ont l'aspect de courbes de Gauss.

La loi de répartition des fréquences des circonférences est donc plus ou moins proche d'une loi normale. Nous avons utilisé le test de raccordement du KHI-DEUX pour confirmer ou infirmer l'hypothèse d'appartenance de la distribution observée à une population suivant une loi gaussienne.

A titre d'exemple, nous donnerons les vérifications pour les quatre parcelles illustrant l'étude. Pour les calculs qui suivent, ce sont les effectifs des classes qui sont pris en compte et non plus les fréquences.

Figure n° 16 : structure diamétrique de l'Okoumé dans des peuplements de 15 et 24 ans.

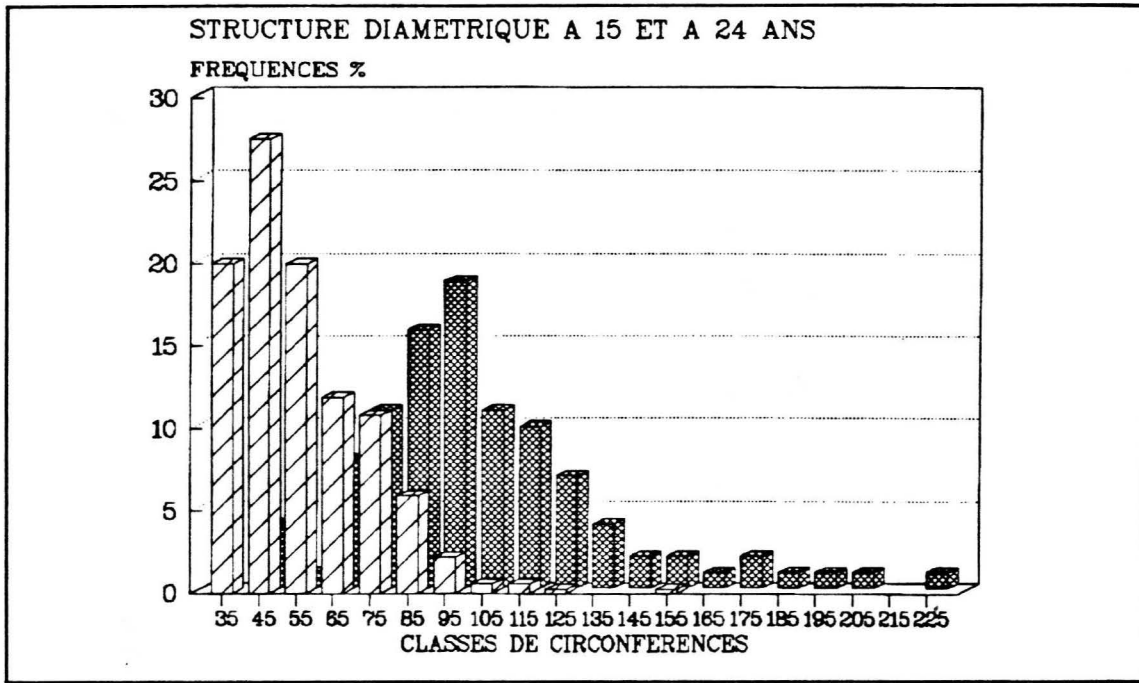


Figure n° 17 : structure diamétrique de l'Okoumé dans des peuplements de 34 et 45 ans.

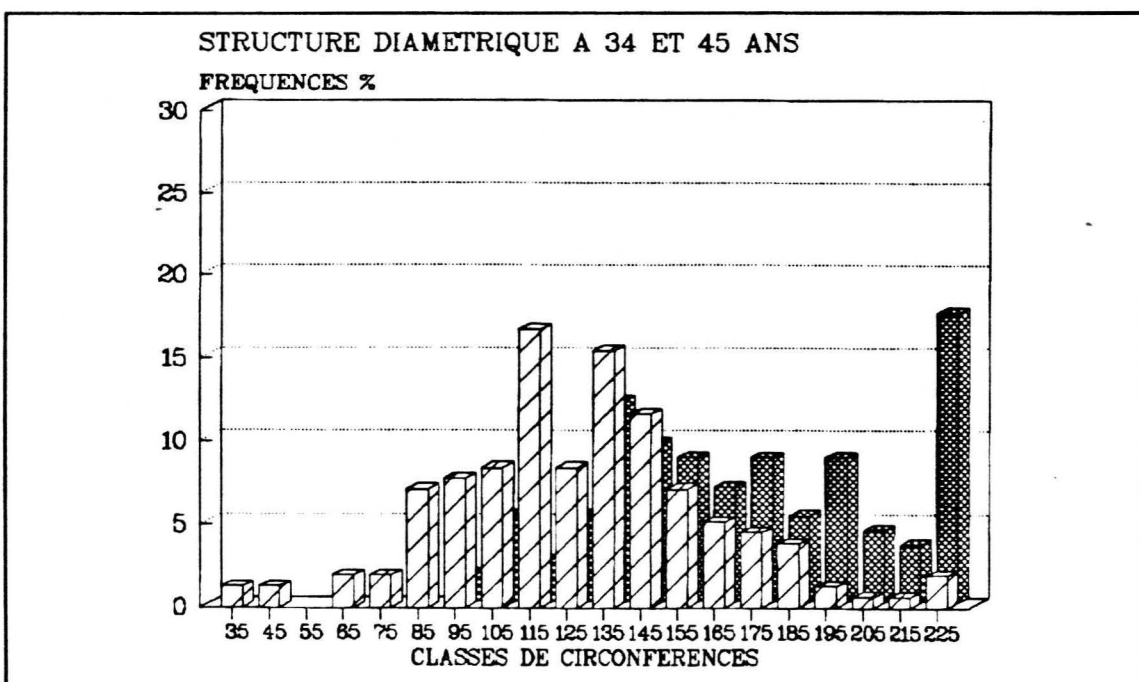


Tableau n° 13 : Vérification des normalités des distributions.

Parcelles	âge	caractéristiques		X ² . calculé	X ² théorique à 5 %
		m	s		
7-8	15	55	18	49,95	9,49
11	24	102	34	13,71	15,51
32	34	129	32	13,13	18,31
3	45	176	53	14,67	18,31
23	55	202	55	11,23	19,67

* Commentaires du tableau n° 13.

A 15 ans, la distribution n'est pas normale. Les raisons de ce rejet sont multiples :

La dissymétrie de la courbe est importante. La classe la plus représentée ne correspond pas à la moyenne m. Le peuplement vient de se hiérarchiser, les petites classes sont sur-représentées.

Le test du X² sur la population de 17 ans (campagne de 1989) indique une distribution normale des effectifs.

4 - CONCLUSION

C'est à partir de 16-17 ans que les distributions des fréquences des circonférences suivent une loi normale. Les courbes de Gauss se rencontrent jusqu'à 55 ans (âge maximum de nos peuplements) et peut-être plus. On peut donc appliquer à ces courbes les propriétés des lois normales (symétrie, dispersion, etc.).

CHAPITRE V

LA STABILITE DES PEUPEMENTS D'OKOUMES (le facteur H/D)

1 - DÉFINITIONS

Le facteur d'élancement, appelé aussi facteur de stabilité est d'origine allemande et peut s'exprimer de la manière suivante :

$$f = h/d \text{ (au niveau d'un arbre)}$$

ou $F = H/D$ (au niveau d'un peuplement)

h et d étant la hauteur totale et le diamètre à 1,30 m de l'arbre.

H et D, la hauteur totale et le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne du peuplement, toujours exprimés dans la même unité (PARDE.J et BOUCHON.J 1988).

Nous n'étudierons dans ce chapitre que le rapport H/D au niveau du peuplement.

2 - ETUDE AU NIVEAU DES PEUPEMENTS

21 Fragilité théorique des peuplements.

Le facteur d'élancement donne de précieuses indications sur la stabilité des peuplements. Un facteur égal ou supérieur à 100 désigne des peuplements très fragiles où toute éclaircie y devient pratiquement impossible. (PARDE.J et BOUCHON.J ;1988).

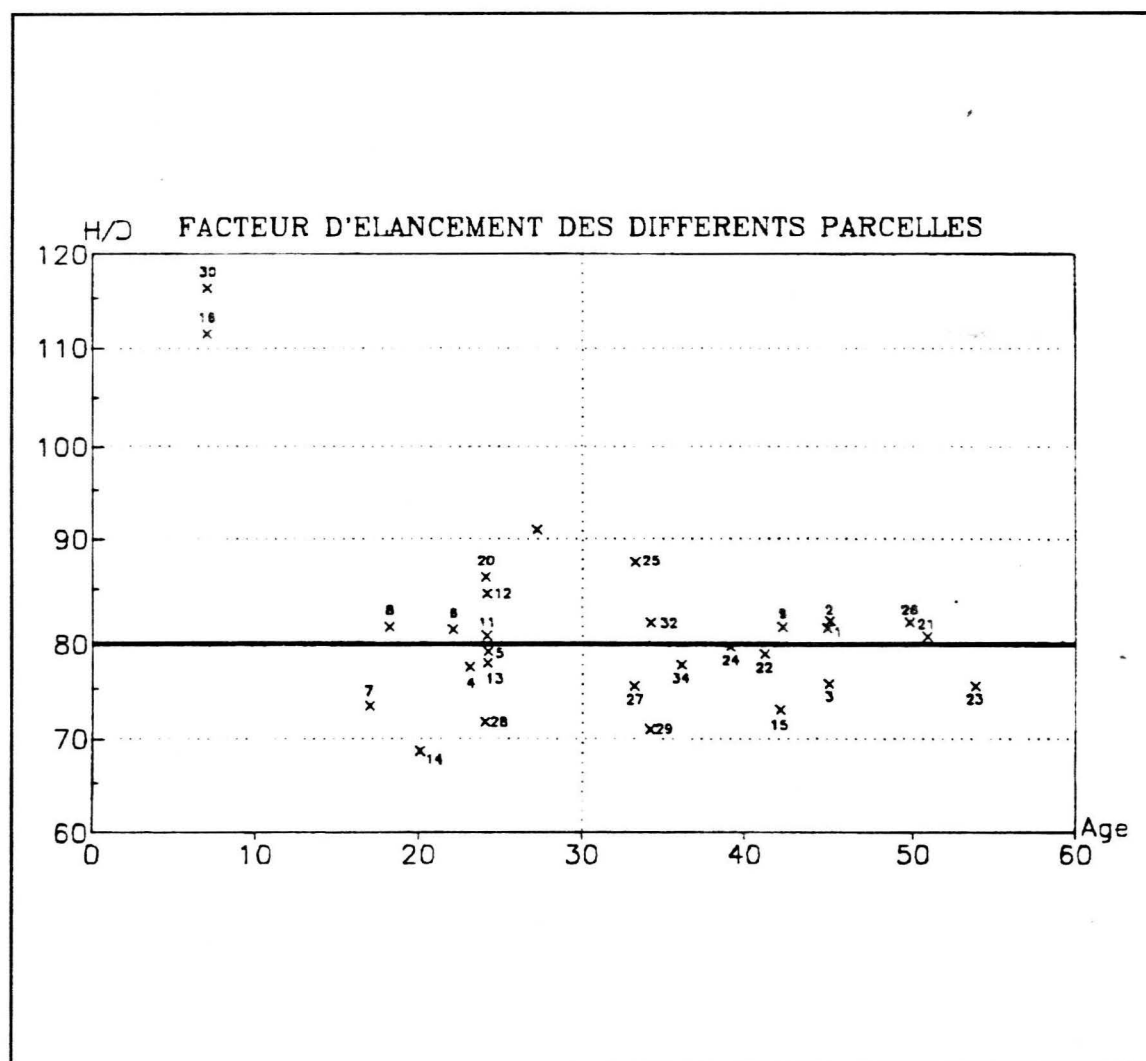
Pour chaque parcelle, nous avons calculé le rapport H/D et comparé ces chiffres avec les dégâts intervenus pendant la tornade de 1991.

La circonférence C_g a été calculée d'après les mesures de la troisième campagne (4ème campagne pour la parcelle n° 32).

L'ensemble des données est illustré par la figure n° 20 ci-dessous qui montre l'évolution du rapport H/D en fonction de l'âge du peuplement.

Les parcelles situées au-dessus de la ligne sont théoriquement très fragiles.

Figure n° 20 :



* Commentaires de la figure n° 20.

Les parcelles n° 10, n° 20, n° 25, n° 2, n° 9, n° 26, etc, ont un facteur d'élancement supérieur à 80. Une intervention sylvicole dans ces peuplements est très risquée et peut provoquer des chablis aux premiers vents violents.

22 Dégâts constatés sur le terrain.

Le 8 avril 1991, une violente tornade a occasionné des dégâts considérables dans la région. Les peuplements ont été différemment touchés :

- peuplements moyennement denses (groupe n° 2) non éclaircis : pas de dégâts sauf parcelle n° 28 située dans l'axe de la tornade.
- peuplements moyennement denses éclaircis : quelques chandelles sur les plateaux exposés au vent (parcelles n° 4, n° 7, n° 8).
- peuplements très denses non éclaircis : nombreux chablis dans les peuplements de plus de 30 ans (parcelle n° 24).
- peuplements très denses éclaircis : nombreux chablis et chandelles quelle que soit l'orientation (parcelle n° 2).

23 Conclusion.

Ces constatations concordent avec l'observation du graphique. Ces peuplements d'Okoumé très élancés sont très fragiles. Toute opération sylvicole devra être impérativement réalisée le plus tôt possible. En vieillissant, les arbres très élancés sont de moins en moins capables de résister aux vents violents.

Il convient donc de réaliser l'éclaircie unique avec un maximum de prudence en prenant en considération non seulement l'écartement minimum pour une croissance individuelle optimale mais aussi un équilibre du peuplement afin d'éviter une exposition trop forte au vent. Le système d'éclaircie douce par annélation et par dévitalisation se trouve justifié.

CINQUIEME PARTIE : LES ANALYSES DE TIGES

CINQUIEME PARTIE : LES ANALYSES DE TIGES

1 - INTRODUCTION ET PRINCIPE DE L'ETUDE

11 Introduction.

C'est la première fois qu'un programme d'analyse de tiges porte sur un échantillon d'Okoumés aussi important.

Auparavant, des travaux furent réalisés sur quelques jeunes Okoumés mais issus de plantations. En forêt naturelle, l'essentiel des travaux consistait à prélever une rondelle à la base de l'arbre et à étudier sa croissance en diamètre.

D'après la lecture de 1500 rondelles prélevées à différents niveaux, cette étude a pour but, dans un premier temps, de reconstituer la croissance en hauteur et l'historique des peuplements naturels de la région d'Oyane et dans un deuxième temps de prévoir leur évolution.

Après une description du principe et de la méthodologie, les différents résultats seront analysés et comparés aux précédents.

12 Utilisation de la hauteur dominante comme indicateur de fertilité.

La hauteur atteinte par un peuplement homogène à un âge donné est un bon indicateur de la productivité de ce type de peuplement sur ce type de station (ALDER; 1980).

La hauteur moyenne d'un peuplement étant généralement sensible à d'autres facteurs tels que la densité et la sylviculture, on préfère l'utilisation de la hauteur dominante presque totalement insensible à ces facteurs comme référence (loi d'Eichhorn).

13 Principe des analyses de tiges.

Cette technique permet par l'observation des accroissements à différents niveaux de l'arbre, de reconstituer les courbes de croissance en diamètre, en hauteur et en volume de cet arbre.

Il s'agit principalement d'établir une relation entre la hauteur dominante des peuplements, leur âge et la qualité des stations où ils sont installés. Cette relation fait intervenir des paramètres indépendants vis-à-vis de la sylviculture et de la densité et permet de ventiler les parcelles suivant la fertilité des stations où elles se trouvent (H.F. MAITRE et P. MAURANGES et Y. ROEDERER ; 1982).

La présente étude a pour but :

- de dater les peuplements naturels rencontrés,
- d'établir une relation entre l'âge des peuplements et leur hauteur dominante,
- de déterminer plusieurs indices de fertilité en fonction des différents types de croissance constatés.

2 - METHODOLOGIE

21 Croissance en diamètre.

Seule la rondelle prélevée à 1,30 m du sol est utilisée pour déterminer les accroissements en diamètre. La mesure des accroissements est réalisée en faisant la moyenne entre le plus grand et le plus petit rayon. Les diamètres sont mesurés sous-écorce. Une épaisseur d'écorce de 0,5 cm (1 cm sur le diamètre) est prise en compte pour donner des diamètres sur-écorce. Cette étude sert à vérifier les accroissements constatés entre les différentes campagnes de mesures.

22 Croissance en hauteur.

La méthode mise au point d'après les travaux de A. MARIAUX (1970) puis améliorée par H.F. MAITRE et al (1982) puis par H.F. MAITRE (1988) consiste à prélever un nombre suffisant de rondelles le long de la tige principale de l'Okoumé, compter les cernes pour chaque rondelle et établir une relation entre les hauteurs de prélèvement et les cernes dénombrés. On peut alors en déduire (à rebours) l'évolution de la hauteur de l'arbre à partir de la date d'abattage.

L'âge (N) des peuplements naturels est inconnu. Pour chaque arbre, les valeurs connues sont :

- La hauteur totale (Ht).
- Le nombre de cernes (ni) comptés à la hauteur de prélèvement (Hi).

Il est donc possible d'estimer qu'à l'âge $N - n_i + 1$, la hauteur était de $\frac{Ht - H_i}{n_i} + H_i$.

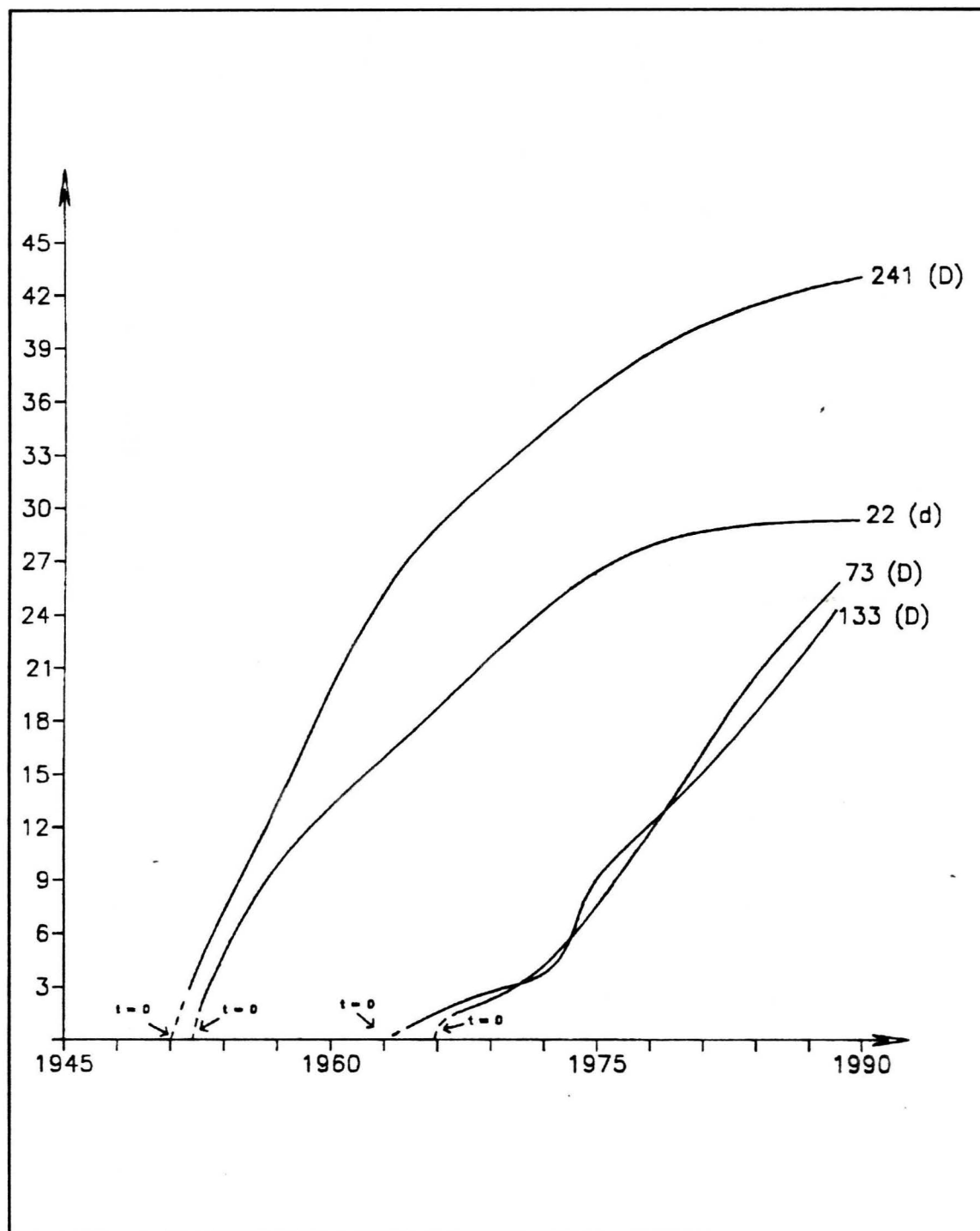
La décroissance de la hauteur, obtenue à partir des différentes rondelles permet d'identifier à quelques années près le moment zéro et donner ainsi une valeur à N.

La figure n° 21 montre les courbes de croissance de quatre Okoumés avec la déduction à rebours de l'instant t0. Il s'agit des Okoumés :

- n° 241, âgé de 36 ans appartenant à l'étage dominant.
- n° 22, âgé de 35 ans appartenant à l'étage dominé.
- n° 73, âgé de 25 ans appartenant à l'étage dominant.
- n° 133, âgé de 27 ans, appartenant à l'étage dominant mais ayant été dominé dans son jeune âge.

Pour réaliser ces lectures, il convient de bien différencier les cernes de l'Okoumé.

Figure n° 21 : courbes de croissance en hauteur pour quatre Okoumés.



3 - NATURE DES CERNES DE L'OKOUME

Les rondelles, finement polies, montrent une succession de couches claires et de couches sombres. A.MARIAUX (1970) a démontré que les différentes couches correspondaient aux saisons du Gabon.

Dans sa disposition la plus typique, un cerne d'accroissement est composé d' :

- Une fine couche sombre ayant plutôt l'aspect d'une ligne, correspond à la petite saison sèche quand l'okoumé perd ses feuilles.
- Une large couche claire correspond à la saison des pluies d'avril-mai.
- Une large couche sombre, aux limites progressives correspond à la grande saison sèche (juillet-août).
- Une petite couche claire correspond à la saison des pluies d'octobre-novembre, après laquelle se place la fine couche sombre de l'accroissement suivant.

La quantité de cellules formées est identique en toutes saisons, mais en saison sèche, les fibres sont de plus petite taille sur le plan radial. Ceci explique la différence d'accroissement selon les saisons.

Remarque: quand les accroissements deviennent trop petits (arbres dominés), il est pratiquement impossible de compter les cernes sans risque d'erreur. Les mesures des Okoumés dans les parcelles permanentes ont montré des accroissements nuls.

4 - OBTENTION DES DONNEES

41 Modalités pratiques.

Pour chaque Okoumé abattu, des rondelles de 5 cm d'épaisseur sont prélevées sur la tige principale aux hauteurs suivantes : 0,5 m, 1,30 m, 3,50 m, 5,50 m, 7,50 m, 9,50 m et tous les mètres à partir de cette hauteur jusqu'à la découpe "bois fort" (22 cm de circonférence).

Après une période de séchage d'environ six mois, la face supérieure de la rondelle est poncée à la ponceuse à bande en plusieurs étapes avec des papiers de grains différents :

Un ponçage avec un grain moyen (60).

Un ponçage avec un grain fin (supérieur ou égal à 120).

Après le deuxième ponçage, les rondelles sont lues par une équipe de deux personnes (J.M. MINKOUE, adjoint technique des Eaux et Forêts et l'auteur). Cette double lecture réduit sensiblement les erreurs. Un échantillon d'une dizaine de rondelles a été contrôlé par Monsieur P.DETIENNE, Responsable du Laboratoire d'"Anatomie du bois" du C.T.F.T.

Exemple : arbre dominant de la parcelle n° 7.

Numéro de la rondelle	Hauteur de prélèvement	Nombre de cernes
1	0,50	23
2	1,30	20
3	3,50	20
4	5,50	16
5	7,50	14
6	9,50	13
7	10,50	12
8	11,50	11
9	12,50	11
10	13,50	10
11	14,50	9
12	15,50	8
13	16,50	8
14	17,50	7
15	18,50	7
16	19,50	6

Hauteur totale mesurée au sol : 26,50 m.

Tableau n° 14 : Récapitulatif des couples âge-hauteur pour quatre Okoumés

Age	Hauteurs successives par arbre			
	n° 22	n° 73	n° 133	n° 241
1 an	2,1	1,6	1,4	2,4
2 ans	4,2	-	-	4,6
3 ans	6,2	-	-	6,5
4 ans	8,1	3,6	2,3	8,5
5 ans	10,1	-	-	11,0
6 ans	11,1	-	-	12,9
7 ans	12,1	-	-	15,4
8 ans	13,1	6,8	-	17,8
9 ans	14,1	-	-	19,8
10 ans	15,0	8,8	4,8	22,2
11 ans	16,0	10,8	6,7	24,2
12 ans	17,0	11,8	8,7	25,7
13 ans	18,0	13,3	10,6	27,1
14 ans	19,0	14,8	11,6	28,6
15 ans	20,9	15,8	12,6	-
16 ans	21,9	17,3	13,6	30,1
17 ans	22,9	19,2	14,7	31,1
18 ans	23,8	20,7	15,7	32,1
19 ans	24,8	-	-	-
20 ans	25,8	-	17,7	33,5
21 ans	26,7	-	18,8	35,0
22 ans	-	-	19,8	36,0
23 ans	-	26,5	20,9	36,9
24 ans	-	-	-	37,9
25 ans	-	-	-	-
26 ans	-	-	25,0	38,9
27 ans	-	-	-	-
28 ans	-	-	-	-
29 ans	-	-	-	-
30 ans	-	-	-	-
31 ans	-	-	-	-
32 ans	-	-	-	-
33 ans	-	-	-	-
34 ans	-	-	-	-
35 ans	-	-	-	-
36 ans	-	-	-	-
37 ans	30,0	-	-	-
38 ans	-	-	-	-
39 ans	-	-	-	44,0

42 Choix des arbres.

Pour avoir un recul suffisant dans le temps, la parcelle n° 27, constituée de gros arbres, jugée ancienne et proche de la route pour faciliter le transport des rondelles a été choisie pour supporter le dispositif. Une vingtaine d'Okoumés (un par classe de circonférence) ont été abattus, cubés, puis découpés en rondelles.

Le dispositif a ensuite été étendu à la quasi-totalité des parcelles. A leur périphérie, 2 à 3 Okoumés ont été analysés (un par strate).

Au total ce sont 65 Okoumés qui ont été étudiés.

Cette étude représente le découpage, le marquage, le transport, le stockage, le séchage, le ponçage, et la lecture de 1516 rondelles parmi lesquelles 25 n'ont pu être lues en raison de leurs accroissements diffus.

Deux Okoumés très vieux n'ont pu être poncés en raison de la dureté de leur bois.

5 - TRAITEMENT DES DONNEES51 Travaux précédents.

En 1982, MAITRE et al. ont analysé 10 Okoumés provenant de peuplements artificiels des brigades de la MVOUM et de la BOKOUE. Les résultats de lectures de cernes, traités par la méthode des régressions multiples ont montré que pour le nuage de points $H_t = f(t)$: (H_t étant la hauteur totale et t l'âge)

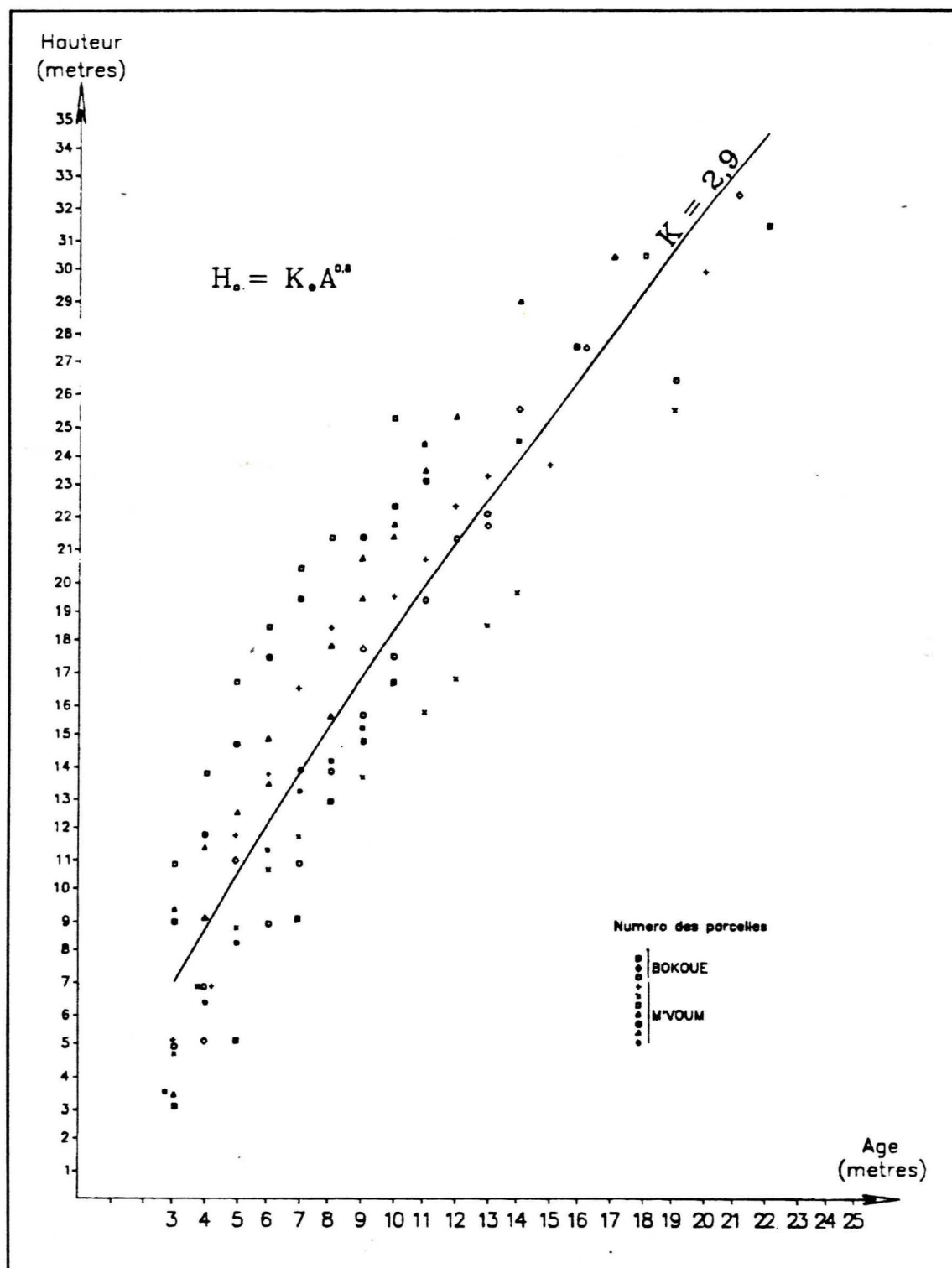
- à partir de la deuxième année, le modèle est une courbe monotone croissante .

- la meilleure représentation est le faisceau de courbe du type :

$$\text{Log } H_t = a.\text{Log } t + b/t + c$$

avec Log = Logarithme népérien,
où a , b et c sont des coefficients et constante calculés par régression.

Figure n°22 : Croissances en hauteur des Okoumés des brigades de reboisements (d'après H.F MAITRE et al (1983))



Cette courbe peut aussi s'écrire :

$$H = K \cdot e^{\frac{b}{t} \cdot a}$$

ou $K = e^c$ joue le rôle de valeur caractéristique pour chaque élément du faisceau.

Les calculs des régressions par arbres ont montré que les coefficients a étaient semblables ($a = 0,8$ coefficient commun) et que les b étaient peu différents de zéro.

La formule commune s'écrit :

$$H = K \cdot t^{0,8}$$

avec K variant de 2,4 à 3,5 avec la fertilité des stations (voir figure n° 22).

Ce facteur K joue le rôle d'indice de fertilité. Nous lui consacrerons un paragraphe à la fin de cette cinquième partie.

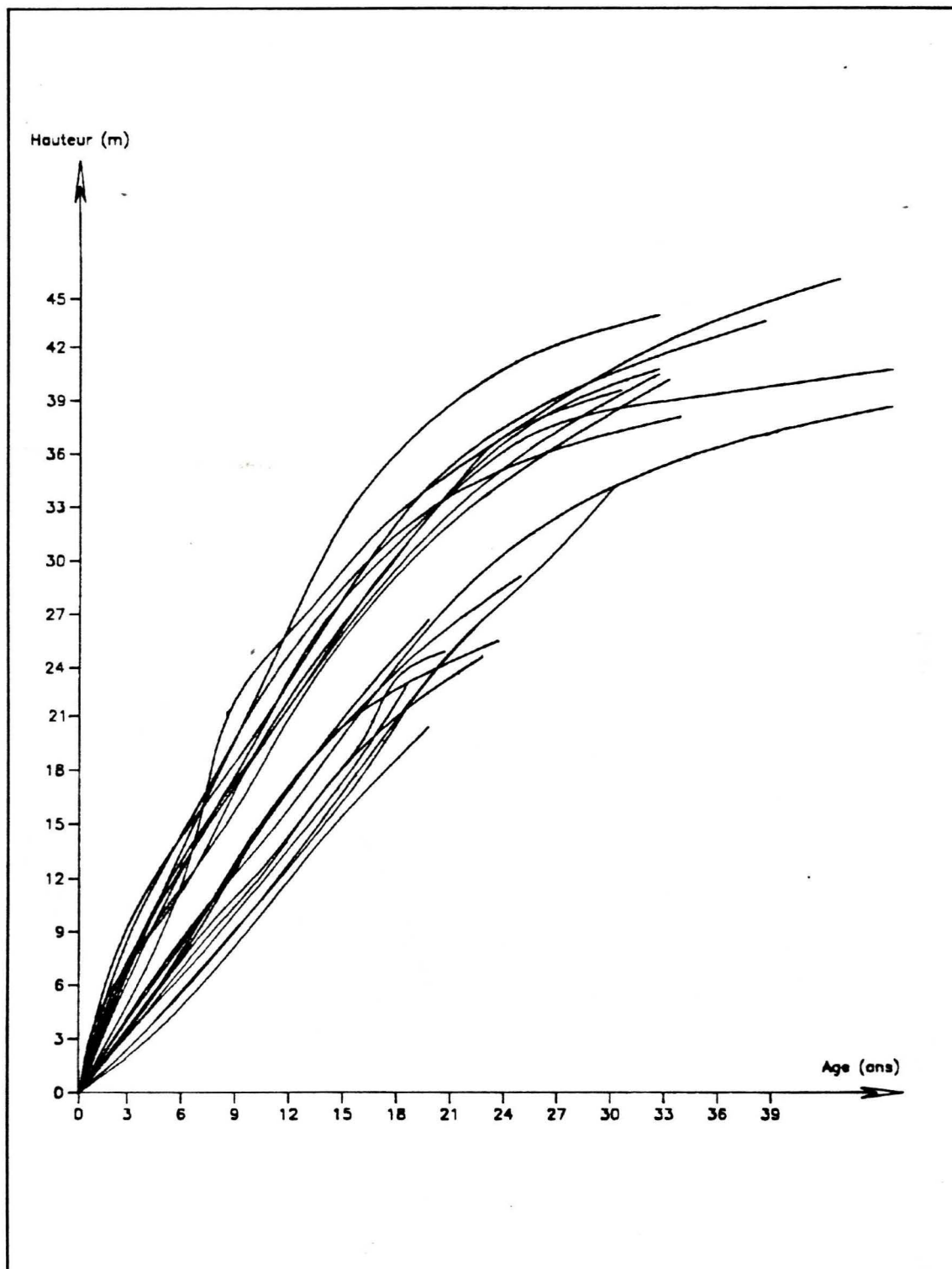
52 Application aux données du projet.

521 Présentation des données.

L'étude du nuage de points $H = f(t)$ montre deux faisceaux (figure n° 23) :

- Un faisceau de courbes avec une croissance rapide. Ces arbres ont été prélevés sur des bas de pente ou des bas-fonds (parcelle n° 2, n° 13, n° 22, n° 24, n° 25, n° 27).
- Le deuxième faisceau est très hétérogène. Il regroupe des arbres abattus sur des plateaux avec une croissance plus lente (parcelle n° 4, n° 5, n° 7, n° 8, n° 10, n° 14) et des arbres ayant subi des accidents de croissance. Cette dernière catégorie d'arbres cassés ou ayant fait partie de l'étage dominé dans leur jeune âge sera écartée pour la suite de l'étude.

Figure n° 23 : visualisation des deux faisceaux de courbes âge-hauteur



Ces deux faisceaux sont bien distincts et ne s'interfèrent pas.

522 Calcul des différentes régressions.

Nous avons tenté d'appliquer le modèle ci-dessus pour les deux nuages de points. Les résultats sont les suivants :

Faisceau 1, bas de pente : avec 367 individus.

$$H = 4,24 \cdot t^{0,68}$$

Faisceau 2, plateau : avec 148 individus.

$$H = 1,25 \cdot t^{0,98}$$

Pour l'ensemble des données, la formule s'avère donc être :

$H = K \cdot t^{0,8}$

avec $k = 3$ pour les arbres du faisceau 1,
et $k = 2,3$ pour les arbres du faisceau 2.

et ceci pour t variant de 5 à 25 ans.

Jusqu'à 25 ans, ce modèle s'adapte très bien et permet de comparer la croissance des Okoumés de la région d'OYANE à celles des brigades de la MVOUM et de la BOKOUE.

Les indices de fertilité K sont les suivants :

OYANE plateaux	$K = 2,3$
BOKOUE	$K = 2,5 \text{ à } 2,9$
OYANE bas de pente	$K = 3$
MVOUM	$K = 3 \text{ à } 3,5$

On remarque que la station de la MVOUM est plus fertile avec un facteur K variant de 3 à 3,5. Les meilleures stations d'OYANE et de la BOKOUE ont une fertilité à peu près identique.

523 Restrictions.

L'utilisation de ce modèle permet de comparer les différentes stations. Il permet aussi de constater qu'il existe une harmonie entre les travaux de MAITRE et al (1983) et ceux du projet "savanes côtières".

Cependant, pour modéliser la croissance des peuplements de la région d'Oyane, nous préférons ne pas utiliser ce modèle qui surestime fortement les hauteurs au delà de 25 ans. Parmi les peuplements étudiés, une grande partie a plus de 25 ans. D'autre part, le modèle qui s'écrit :

$$H = e^{a \cdot \log t + b}$$

cesse d'être additif et devient multiplicatif. Les résidus perdent alors leur propriété d'être centrés.

53 Recherche d'un modèle cohérent.

Le modèle initial étant écarté, nous avons le choix entre plusieurs modèles dont le meilleur semble être celui de Weibull qui s'écrit :

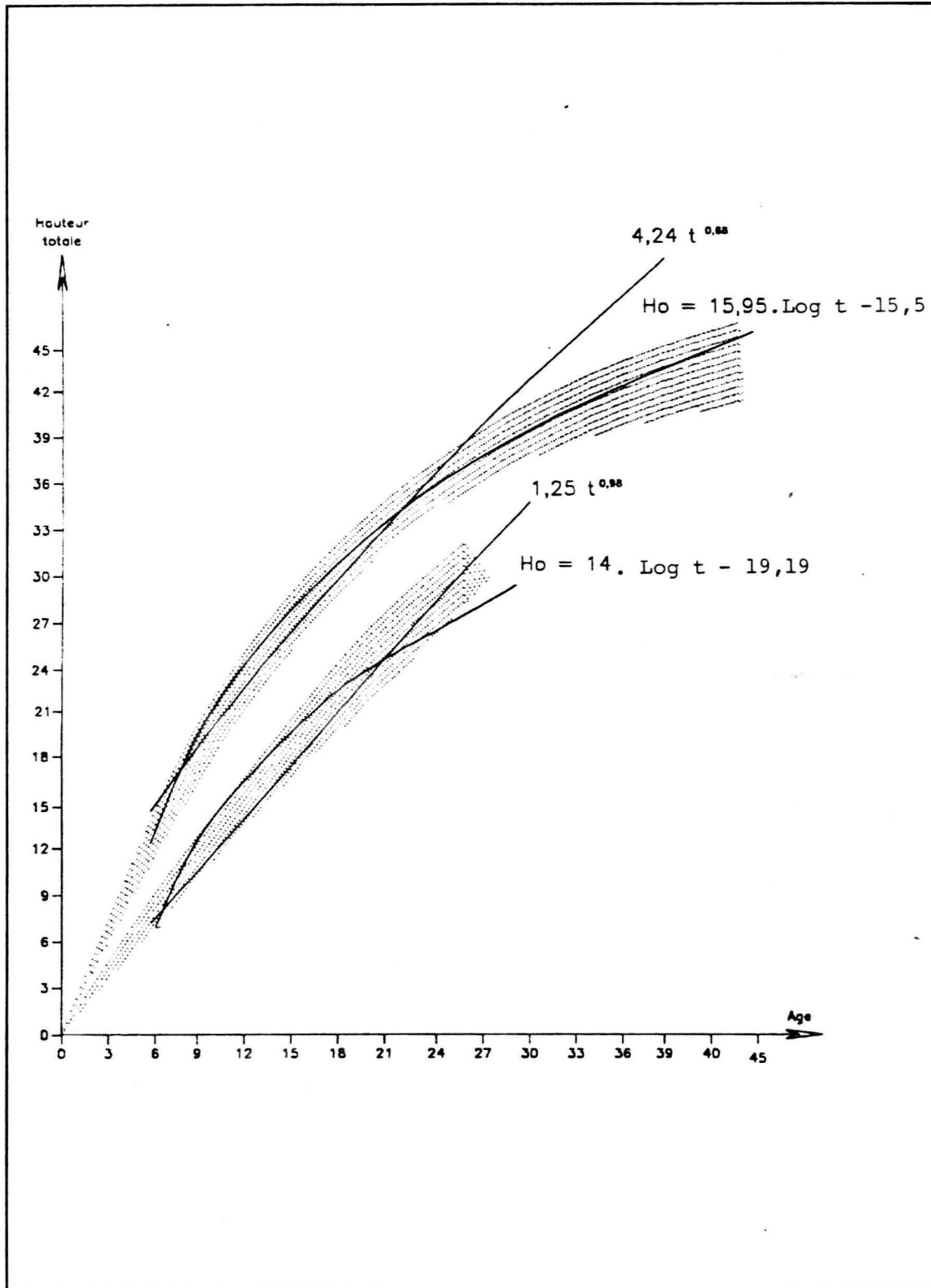
$$H_t = a \cdot (1 - e^{(-b \cdot t)^c})$$

Cependant, s'il donne les meilleurs résultats (voir en annexe III), ce modèle a été écarté en raison de sa complexité au profit du modèle suivant :

$$H = a \cdot \log t - b$$

Ce modèle est un modèle de régression linéaire simple avec un changement de variable uniquement sur le régresseur. Ce n'est pas le meilleur modèle, mais sa simplicité lui permet d'être facilement utilisable.

Figure n° 24 : Visualisation des différents modèles de courbes pour la croissance en hauteur des Okoumés.



Ce modèle donne les résultats suivants pour les deux populations d'OYANE :

Faisceau 1 : bas de pente.

Sur les 367 individus d'âge supérieur à 4 ans, on obtient :

$$H = 15,96 \cdot \text{Log } t - 15,49$$

avec un bon coefficient de détermination ($R^2 = 0,95$) et un comportement des résidus satisfaisant

Faisceau 2 : plateau.

Sur les 148 individus d'âge supérieur à 4 ans, on obtient :

$$H = 14,00 \cdot \text{Log } t - 19,19$$

avec un bon coefficient de détermination ($R^2 = 0,85$) mais des hauteurs sous-estimées après 23 ans.

La figure n° 24 visualise les différentes régressions avec les deux faisceaux de courbes.

54 Ajustement en partie commune (faisceau de courbes).

On peut d'ores et déjà remarquer que le terme dit constant change de valeur (il passe de -15,49 à -19,19) alors que l'autre terme reste à peu près stable autour de 15.

Ceci est confirmé par l'**ajustement simultané des deux populations** où l'on trouve les termes suivants :

$$H = 16,11 \cdot \text{Log } t - 19,64.$$

Ces résultats nous suggèrent d'étudier le modèle :

$$H = a \cdot \text{Log } t - b_1 \cdot X_1 - b_2 \cdot X_2$$

où X_1 et X_2 sont des variables dites muettes.

- X_1 vaut 1 si l'observation provient de la première population (bas de pente) et 0 sinon.
- X_2 vaut 1 si l'observation provient de la deuxième population (plateau) et 0 sinon.

On obtient :

$$H = 15,97 \cdot \text{Log } t - 15,345$$

pour les bas de pente.

$$H = 15,97 \cdot \text{Log } t - 23,316$$

pour les plateaux.

Ces deux courbes, à l'instar des faisceaux sont parallèles. Les termes constants jouent donc le rôle d'indice de fertilité.

6 - UTILISATION

Le modèle ci-dessus s'écrit donc :

$$H = 15,97 \cdot \text{Log } t - K$$

On peut utiliser cette formule pour créer autant de courbes parallèles que de situations rencontrées.

La relation s'écrit aussi pour un peuplement :

$$K = 15,97 \cdot \text{Log } t - H_0$$

avec H_0 , hauteur dominante du peuplement à un âge t .

K varie de 15 pour les stations de bas de pente à 25 pour les stations sur plateaux. Ce terme joue bien le rôle d'indice de fertilité.

MAITRE et al (1983) font toutefois remarquer que le terme constant n'est pas exclusivement lié à la fertilité des sols. Il peut être fortement influencé par :

- la valeur génétique des Okoumés.
- la pluviométrie.
- la présence de légumineuses dans le sous-étage.
- le passé de la parcelle avant l'installation du peuplement (durée des cultures vivrières).
- etc.

K est en fait un facteur de qualité de station qui permet de classer les différents peuplements existants et de modéliser leur croissance. Cet indice permet de définir des hauteurs dominantes des peuplements à l'âge de référence de 20 ans.

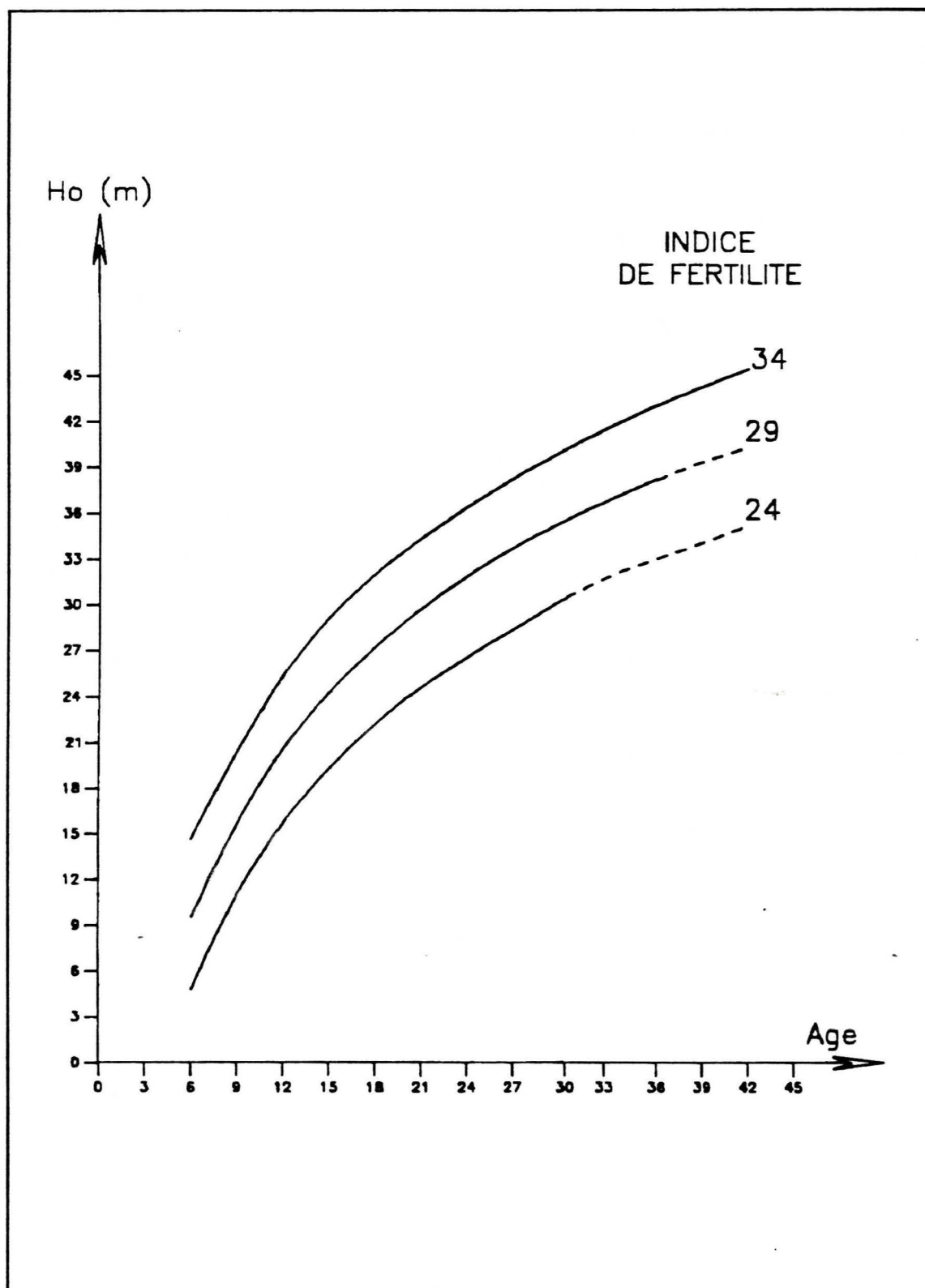
Le tableau ci-dessous nous donne les valeurs de K pour des Indices de fertilité de 24, 29 et 34 mètres.

Tableau n° 15 : Détermination de K

Hauteur de référence à 20 ans	K
24,0	23,84
24,5	23,32
29,0	18,84
32,5	15,34
34,0	13,84

La figure n° 25 représente les courbes de fertilité 24 m, 29 m et 34 m.

Figure n° 25 : représentation des différentes courbes de fertilité.



7 - CONCLUSION

Le travail réalisé est le véritable point de départ de la modélisation de la croissance des peuplements naturels d'Okoumés.

Cette relation qui s'avère très fiable permet de classer les différents peuplements selon la fertilité de la station sur laquelle ils sont installés. Les deux stations sur plateaux et bas de pentes serviront d'exemples pour l'illustration des différentes relations.

SIXIEME PARTIE

ELABORATION DES MODELES D'EVOLUTION
DES PEUPLEMENTS NATURELS D'OKOUME

<p>CHAPITRE I</p> <p>DEFINITION ET TERMINOLOGIE</p>

1 - DEFINITION

Les tables de production, dans leur forme classique, sont des tableaux qui condensent en données chiffrées, l'évolution probable dans le temps des peuplements équiennes, classés par degrés de fertilité des sols qui les portent (PARDE et BOUCHON, 1988).

Les données sont calculées par hectare et séparées par des périodes de 5 ou 10 ans.

On entre dans une table par la hauteur dominante mesurée sur le terrain et par l'âge du peuplement. Ces données permettent la lecture des caractéristiques des peuplements à tel ou tel âge (densité, diamètre moyen, volume à l'hectare).

Les tables s'appliquent en principe aux peuplements purs (l'essence principale représente au moins 80 % du nombre de tiges et de la surface terrière) et équiennes (les tiges sont du même âge plus ou moins 10 ans).

2 - TERMINOLOGIE

21 Les facteurs indépendants de la sylviculture.

* *"La station est une étendue de forêt, homogène dans ses conditions écologiques et dans son peuplement, dans laquelle on peut pratiquer la même sylviculture, et espérer, pour une essence donnée, une production comprise entre des limites déterminées."*(BECKER, LE TACON et TIMBAL; 1980), (JACAMON ; 1983) cités dans PARDE et BOUCHON (1988).

- * **L'indice de fertilité (If)** est la principale caractéristique de cet ensemble homogène qu'est la station.
"La valeur de cet indice quantifie la possibilité intrinsèque de production ligneuse, autrement appelé capacité xylogénique ou degré de fertilité. Cette possibilité de production est surtout régie par la nature du sol, mais aussi par d'autres facteurs (pluviométrie, hygrométrie, insolation, etc.)" (MAITRE, 1983).
- * **La hauteur dominante (H0)** est liée à la fertilité de la station. Elle représente la valeur moyenne, en mètres, des hauteurs totales des 100 plus gros arbres à l'hectare. Elle est pratiquement indépendante de la sylviculture pratiquée.
- * **La circonférence dominante (C0)** est la moyenne quadratique des 100 plus gros arbres à l'hectare. Afin d'éviter une sousestimation de C0, nous suivrons les conclusions de MATERN (1976) et RENNOLLS (1978) cités dans PARDE et BOUCHON (1988) quant au nombre d'arbres pris en compte dans le calcul :
 - parcelle dont la surface est de n ares inférieure ou égale à 50 ares : prise en compte des n-1 plus gros arbres.
 - si $n > 50$ ares, prise en compte des n plus gros arbres.
- * **L'âge du peuplement (t)** est exprimé en années à partir de l'installation des semis.
- * **La densité du peuplement (N)** est le nombre de tiges sur pied ramené à l'hectare.
- * **Le diamètre d'exploitabilité** est le diamètre qui marque la fin de la révolution d'un peuplement.

22 Les notations d'éclaircie.

L'homme n'est pas intervenu dans ces peuplements naturels mais on peut assimiler à une éclaircie la mortalité naturelle et le passage des Okoumés dans les strates inférieures.

Cependant, nous laisserons de côté certains termes souvent utilisés pour qualifier une éclaircie en ne retenant que les termes suivants.

* **Le nombre de tiges disparues de l'étage dominant (n)** à 5 ans d'intervalle. On peut l'assimiler au nombre de tiges enlevées en éclaircie des tables de productions classiques.

* **Le volume d'éclaircie (v)** correspond au volume bois fort en mètre cube par hectare des seuls arbres disparus. On le calcule en multipliant le nombre de tiges disparues (n) au volume de l'arbre moyen de la ligne précédente :

$$v \text{ entre 15 et 20 ans} = \left(\frac{N_{20} - N_{15}}{15} \right) * Vg_{15}$$

22 Les facteurs liés à la sylviculture.

* **La surface terrière (g)** d'un arbre est la surface de la section transversale de cet arbre à 1,30 m du sol. **La surface terrière (G)** d'un peuplement est la somme des surfaces terrières de tous les arbres qui le composent. Elle est exprimée en mètre carré par hectare.

* **La circonférence et le diamètre moyens (Cg et Dg)** correspondent aux mesures à 1,30 m de l'arbre de surface terrière moyenne.

$$Cg = \frac{EC^2}{N} = \text{et } Dg = Cg / \pi$$

Ce sont les valeurs les plus utilisées pour définir l'arbre moyen d'un peuplement. On les préfère au diamètre moyen arithmétique qui est inférieur:

$$dg = \sqrt{\bar{d}^2 + s^2}, \text{ où } s \text{ est l'écart type des observations du peuplement autour de } \bar{d}.$$

* **La hauteur moyenne (Hg)** d'un peuplement est la hauteur totale de l'arbre moyen de ce peuplement. (G/N). Elle est exprimée en mètres. Assez proche de la hauteur dominante, elle dépend de la sylviculture pratiquée.

- * Le facteur d'espacement ($S\%$) s'écrit:

$$S = \frac{100}{H_0} * \sqrt{\frac{20000}{N * 0,866}}$$

"C'est ainsi un critère synthétique, qui tient compte à la fois de la fertilité de la station (indiquée par la hauteur dominante) et de la densité du peuplement (représenté par N)."(RIOU-NIVERT, 1981).

- * Le volume bois fort est le volume sur écorce (tige + branches) compris entre le pied de l'arbre et la (ou les) découpe supérieure correspondant à 22 cm de circonférence. Il est exprimé en mètre cube.

- * Le volume sur pied (V) du peuplement correspond au volume bois fort cumulé de tous les arbres sur pied ramené à l'hectare. il s'exprime en mètre cube par hectare.

- * Le volume de l'arbre moyen (vm) est le volume sur pied divisé par le nombre de tiges à l'hectare. $vm = \frac{V}{N}$

- * Le volume fût (vf) est le volume sur écorce compris entre le pied de l'arbre et la découpe de forme supérieure correspondant à la base de la cime. Il est exprimé en mètre cube.

- * La production totale ($V.T$) à un âge donné est la somme de :

V (volume sur pied à cet âge)
 + (et du)
 v (cumul des volumes des arbres disparus antérieurement).

Elle est exprimée en mètres cubes par hectare.

- * L'accroissement moyen annuel (Im) est la production totale divisée par l'âge du peuplement (t). Il exprime un rendement global de production.

$$Im = \frac{V.T}{t} \text{ en mètres cubes par hectare et par an.}$$

* L'accroissement courant annuel (I_c) est l'accroissement annuel du volume, mais sur une période donnée de la vie du peuplement. Il exprime un gain en volume.

$I_c = D \frac{VT}{Dt}$ en mètre cube par hectare et par an pour une période de Dt années.

avec $D VT = VT (t+n) - VT (t)$
et $Dt = n$

CHAPITRE II
CONSTRUCTION DE LA TABLE

1 - PRINCIPE GENERALE

La table de production ci-après ne s'applique qu'à l'étage supérieur des peuplements naturels riches en Okoumés et non éclaircis. Par manque de recul et de données, les effets des éclaircies ne seront pas abordés.

Les tables de production sont, en théorie, construites à partir d'observations faites sur des parcelles installées au sein d'un nombre important de peuplements dont les conditions de station sont variables. Les observations sont faites pendant toute la vie du peuplement.

Cependant, ce principe est difficilement réalisable pour les peuplements naturels pour plusieurs raisons :

- les mesures nécessaires à la construction de la table ont démarré très tardivement.
- Les nombreux peuplements étudiés dans les années 1950 ont tous été exploités après l'abandon des travaux de recherche par le service forestier.

Certains chercheurs (DECOURT, 1973 ; MAITRE, 1983) ont généralement tourné la difficulté en ayant recours aux placettes temporaires ou semi-permanentes. Ces placettes, d'installation et de suivi moins contraignants que les placettes permanentes, sont mesurées une seule fois (placettes temporaires) ou plusieurs fois à quelques années d'intervalle (placettes semi-permanentes).

L'utilisation de ces parcelles a l'avantage d'obtenir dans un laps de temps relativement court, toute une gamme de peuplements et de stations souhaités.

H.F. MAITRE en 1983, résumait les avantages des placettes temporaires : "Leur installation judicieuse au sein des peuplements existants permet de remplacer la notion de mesures successives dans un peuplement donné par celle de mesures uniques dans plusieurs peuplements du même type (même station, même fertilité ou même productivité) mais d'âge très différents. En fait, le principe admis est que des placettes réparties dans l'espace se font suite dans le temps."

2 - LES PARCELLES PERMANENTES

Nous ne reviendrons pas sur ces parcelles et les mesures réalisées, longuement décrites dans la troisième partie de ce document. Nous ne ferons que résumer leurs caractéristiques dendrométriques dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 16 : Caractéristiques des parcelles.

parcelle	âge	H0 (m)	N/ha	S%	Cg (m)	Dg (m)	G m2/ha	Vol m3/ha
30	7	14	416	37,6	0,38	0,12	3,0	-
16	7	14,5	705	27,9	0,33	0,11	6,1	-
7	17	21,0	336	27,9	0,68	0,22	12,3	147
8	18	24,0	404	22,3	0,66	0,21	14,0	164
14	20	23,0	293	27,2	0,81	0,26	15,2	212
6	22	30,0	280	21,4	0,91	0,29	18,6	276
4	23	27,0	195	28,5	0,92	0,29	13,2	198
5	24	29,5	187	26,6	1,00	0,32	14,9	230
11	24	31,5	202	24,0	1,03	0,33	17,2	269
12	24	33,5	245	20,5	1,01	0,32	20,0	310
13	24	33,5	220	21,6	1,10	0,35	21,2	339
28	24	29,5	203	25,6	1,01	0,32	16,3	253
20	24	31,5	332	18,7	0,85	0,27	18,9	270
10	27	29,5	360	19,2	0,80	0,25	18,2	251
25	33	41,0	208	18,2	1,26	0,40	26,4	437
27	33	39,5	110	25,9	1,61	0,51	22,6	390
32	34	40,0	166	20,9	1,34	0,43	23,7	398
29	34	40,0	128	23,7	1,62	0,52	26,8	463
34	36	42,5	172	19,3	1,48	0,47	29,9	509
24	39	46,0	159	18,5	1,64	0,52	33,9	586
22	41	42,0	160	20,2	1,51	0,48	29,0	497
9	42	44,0	180	18,2	1,47	0,47	30,9	527
15	42	45,0	93	24,8	1,95	0,62	28,0	494
1	45	48,0	132	20,8	1,70	0,54	30,5	531
2	45	49,0	167	18,5	1,65	0,53	36,2	627
3	45	46,0	115	22,3	1,83	0,58	30,5	535
26	50	49,0	114	20,5	1,81	0,58	29,8	521
21	51	49,0	128	19,3	1,77	0,56	32,0	497
23	54	50	96	21,9	2,08	0,66	33,1	587

3 - METHODES DE CONSTRUCTION DES TABLES DE PRODUCTION

(d'après HUMMEL et CHRISTIE (1957), DECOURT (1972), OTTORINI (1975), MAITRE (1983) et PARDE et BOUCHON (1988)).

Vérifiées sur un grand nombre de placettes par les différents chercheurs, les deux lois suivantes, essentielles pour la construction des tables, sont désormais admises par tous les instituts de recherche forestière :

- "La production à l'unité de surface d'un peuplement équien est en corrélation étroite avec sa hauteur dominante, et la production totale en volume atteinte pour une hauteur dominante donnée n'est pas influencée par le nombre d'années requis pour atteindre cette hauteur."

- "La croissance en hauteur n'est pas influencée par la sylviculture. Il s'ensuit que l'accroissement en surface terrière et en volume d'un peuplement équiennne reste identique dans un vaste éventail de modes d'éclaircie différents."

A partir de ces deux lois empiriques et de la relation $H_0 = f(t, k)$ étudiée dans la cinquième partie, nous pouvons établir une table de base ("master table") dépendant uniquement de la hauteur dominante et applicable à toutes les classes de fertilité.

Les grandeurs H_0 , N , C_g , D_g , G , V et S % mesurées sur le terrain permettent d'établir les relations suivantes :

$$\begin{aligned} 1) \quad C_g &= g(H_0, S) \\ G &= h(C_g, N) \\ N &= i(t) \end{aligned}$$

établies à partir des parcelles d'étude.

$$2) \quad V = m(C_g, N)$$

établie à partir du cubage individuel au sol d'un échantillon d'Okoumés.

*** Limites de la méthode.**

Le nombre restreint de parcelles (29) fait que les résultats obtenus n'ont pas la même fiabilité que des mesures successives dans des peuplements représentatifs suivis pendant une longue durée.

Les différentes fonctions sont dépendantes les unes des autres. Il peut donc y avoir une accumulation des erreurs au fur et mesure de la construction de la table.

CHAPITRE III

RAPPEL SUR L'EVOLUTION DE LA DENSITE DE L'ETAGE DOMINANT

1 - UTILISATION DE LA DENSITE POUR LA CONSTRUCTION DES TABLES

Nous avons vu que les relations à établir pour la construction de la table de base faisaient intervenir la densité des peuplements ou leur facteur d'espacement.

Il convient donc de déterminer le nombre de tiges à l'hectare pour toutes les périodes de la vie du peuplement afin d'établir les relations nécessaires.

Dans les peuplements naturels, la densité peut être très variable dans le temps et dans l'espace. Nous utiliserons donc les résultats de la quatrième partie.

2 - EVOLUTION DE LA DENSITE DANS QUELQUES PEUPLEMENTS

L'étude de la densité en Okoumé dans l'étage dominant dans la quatrième partie (figure n° 9) nous a montré que de 15 à 50 ans, l'évolution du nombre de tiges suivait une courbe d'allure exponentielle inversée :

Les données prélevées dans les parcelles d'études sont insuffisantes pour modéliser chaque type de peuplement du plus dense au moins dense. En effet, seules des indications très subjectives tirées de quelques évolutions probables peuvent être données. C'est ainsi que trois des quatre types de peuplements ont pu être dégagés et analysés. Les évolutions sont à peu près semblables avec des pentes plus fortes pour les peuplements denses (passage dans les strates inférieures plus important).

Pour chaque station déjà sélectionnée, deux densités de peuplements seront choisies pour illustrer les différentes relations. C'est dans ce choix que réside le caractère provisoire de cette table. D'autres données concernant l'évolution de la densité pourront remettre en cause ces exemples, mais la table de base paraît suffisamment solide pour ne pas être remise en question.

Le tableau n° 17 regroupe les densités des deux peuplements choisis.

AGE	ETAGE DOMINANT	
	TRES DENSES	PEU DENSES
15 ans	450	320
20 ans	385	250
25 ans	320	190
30 ans	250	140
35 ans	190	110
40 ans	155	95
45 ans	135	85
50 ans	120	80

Ces deux peuplements illustrent des cas extrêmes avec des écarts considérables pour un âge donné.

En dessous de 15 ans, il est très délicat de faire des estimations. Trop de facteurs interviennent encore sur la densité (voir quatrième partie).

La diminution du nombre de tiges est très importante. C'est le résultat d'une éclaircie naturelle avec une mortalité importante. L'éclaircie est plus lente, moins efficace qu'une action humaine sélective.

3 - CONCLUSION

On doit admettre que l'évolution de la densité des Okoumés dominants constitue la seule donnée subjective de cette étude. En augmentant le nombre de peuplements étudiés et la durée des observations, nous arriverons à mieux maîtriser cette évolution.

CHAPITRE IV
DETERMINATION DE LA RELATION

$$Cg = g (H0, S)$$

1 - INTRODUCTION

Les différentes relations à établir dans ce chapitre ont pour but de prévoir l'évolution de la circonférence moyenne d'un peuplement d'Okoumé à partir de l'évolution de sa hauteur dominante et cela en fonction de sa densité.

2 - ETABLISSEMENT DE LA RELATION $C0 = h (H0)$

21 Présentation.

Pour chaque peuplement, nous avons étudié la relation entre deux données facilement mesurables sur le terrain. Il s'agit de la hauteur dominante et de la moyenne quadratique des circonférences des 100 plus gros Okoumés à l'hectare ($C0$).

Cette circonférence $C0$ n'est que très faiblement influencée par la densité de l'étage dominant car les 100 plus gros Okoumés poussent assez librement.

La figure n° 26 montre le nuage de points $C0 = g(H0)$. Un point représente un peuplement étudié.

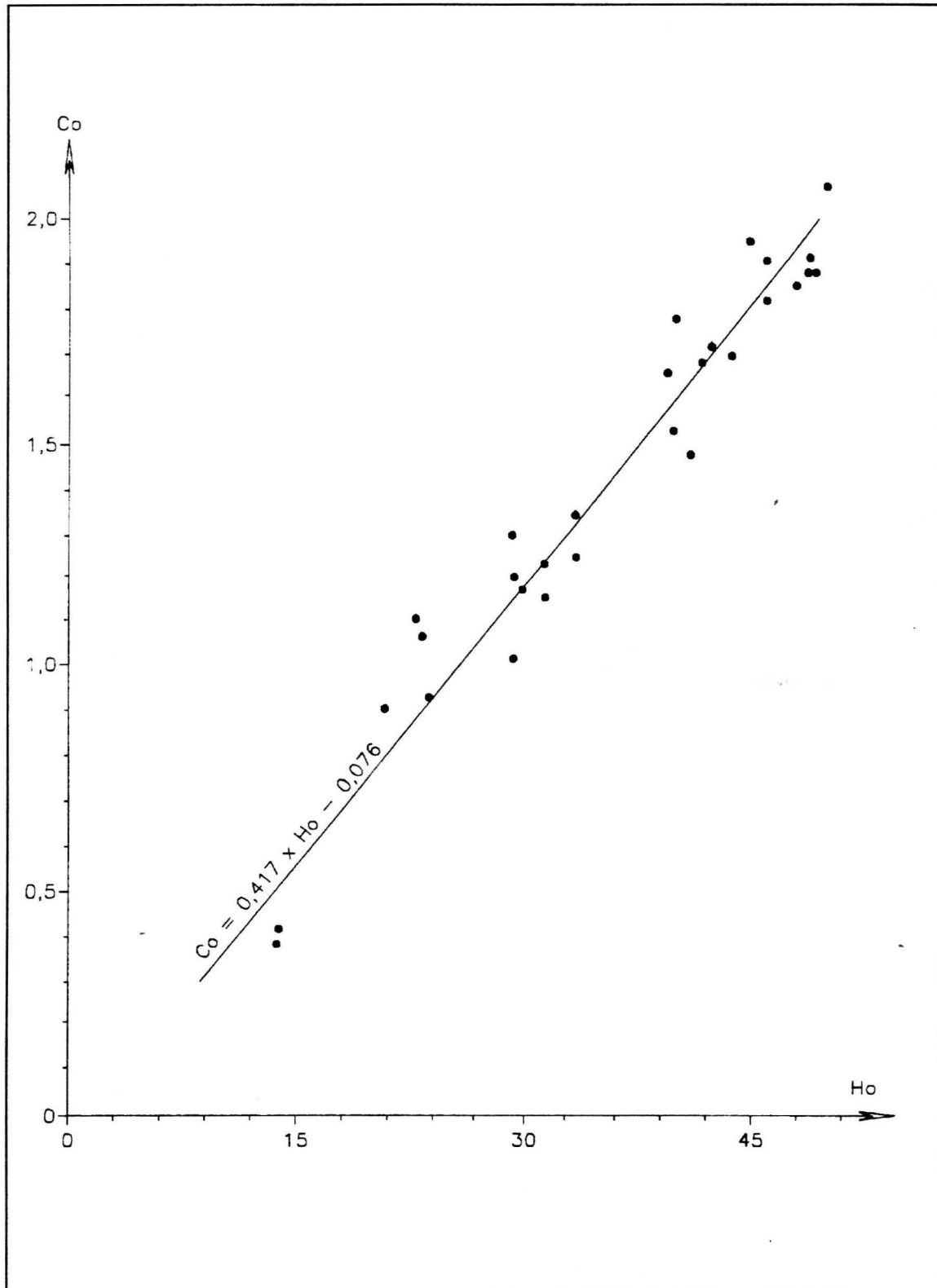
22 Résultats et commentaires.

L'observation de ce nuage très linéaire nous donne à penser que sa meilleure représentation est la droite du type :

$$C0 = a.H0 + b$$

avec a et b comme paramètres calculés par régression.

Figure n° 26 : 100 plus gros arbres à l'hectare, circonférence moyenne en fonction de la hauteur dominante.



L'ajustement auprès de 29 couples nous donne les résultats suivants :

$$C0 = 0,076. H0 - 0,0417$$

avec un coefficient de détermination (R^2) égal à 0,95 et un bon comportement des résidus.

23 Conclusion.

Même s'il n'existe pas de relation d'alométrie entre la hauteur totale d'un Okoumé et sa circonférence à 1,30 m du sol, les deux paramètres sont fortement corrélés pour les 100 plus gros arbres à l'hectare.

Cette circonférence $C0$ est peu utilisée. On préfère utiliser la circonférence moyenne du peuplement dans sa totalité (Cg).

3 - ETABLISSEMENT DE LA RELATION $Cg = h (H0, S)$

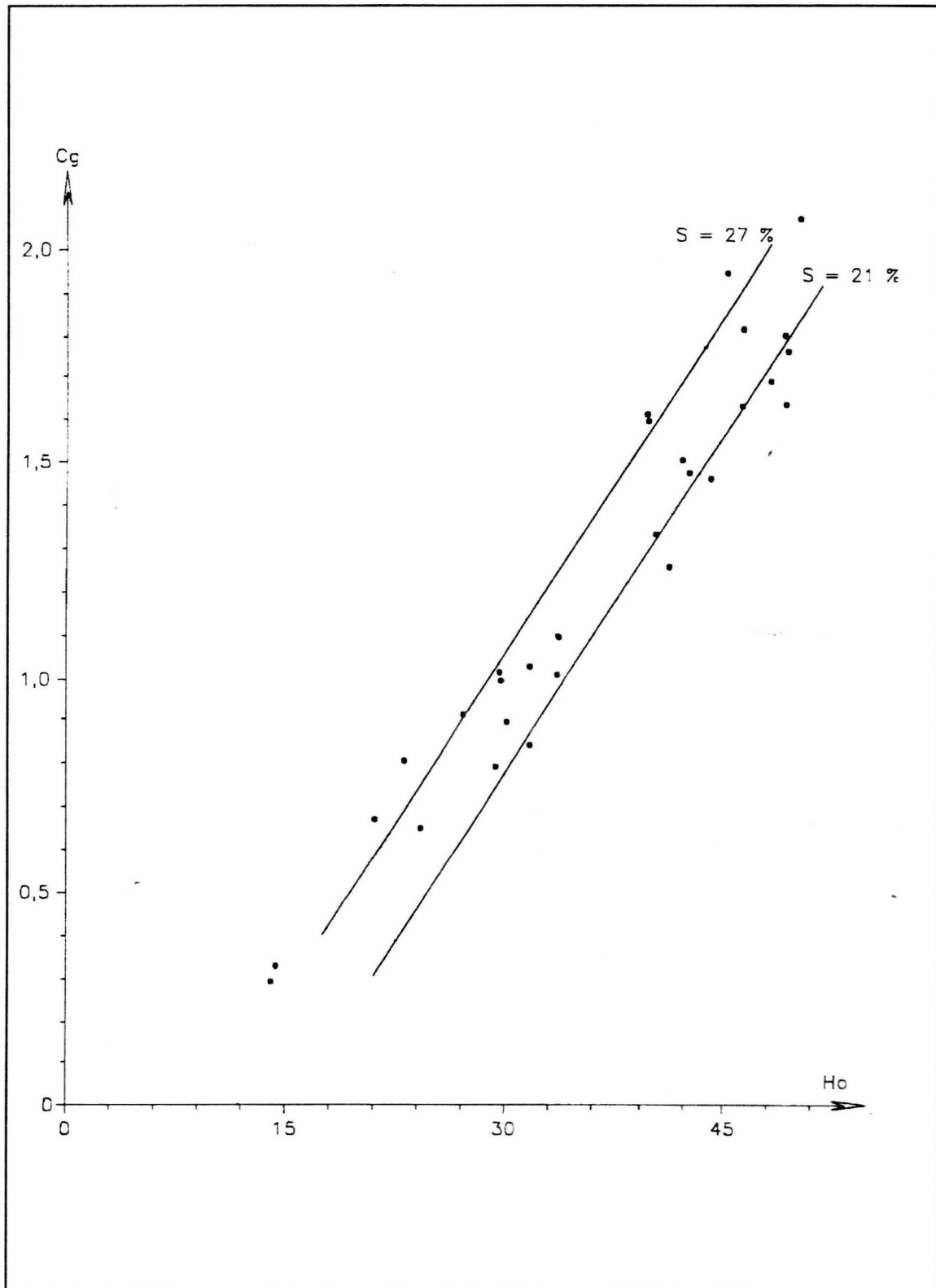
31 Présentation.

Nous venons de le voir, la hauteur dominante et la circonférence moyenne sont fortement corrélées pour l'élite du peuplement (100 Okoumés par hectare). Pour l'ensemble de la population, la circonférence de l'arbre moyen est influencée par la densité. Plus le peuplement est dense, plus les Okoumés poussent lentement.

L'écartement moyen entre les différents Okoumés peut être symbolisé par la densité à l'hectare (N), mais aussi par le facteur d'espacement (S) qui a l'avantage de représenter la structure du peuplement.

La mise en relation de la circonférence moyenne (Cg) avec la densité a montré une plus faible corrélation qu'avec le facteur d'espacement.

Figure n° 27 : Circonférence moyenne des parcelles en fonction de leur hauteur dominante.



32 Résultats et commentaires.

Les écarts maximum de circonférence entre deux parcelles ayant la même hauteur dominante sont de :

- 15 cm pour H0 = 24 m.
- 20 cm pour H0 = 30 m.
- 35 cm pour H0 = 40 m.
- 35 cm pour H0 = 45 m.

Les facteurs d'espacement observés varient de 18 % pour les parcelles les plus denses à 28 % pour les parcelles les moins denses.

Le traitement des 29 triplets par la méthode des régressions multiples donne le résultat suivant :

$$Cg = - 1,3619 + 0,053.H0 + 0,031.S$$

avec Cg et H0 en mètres et S en %.

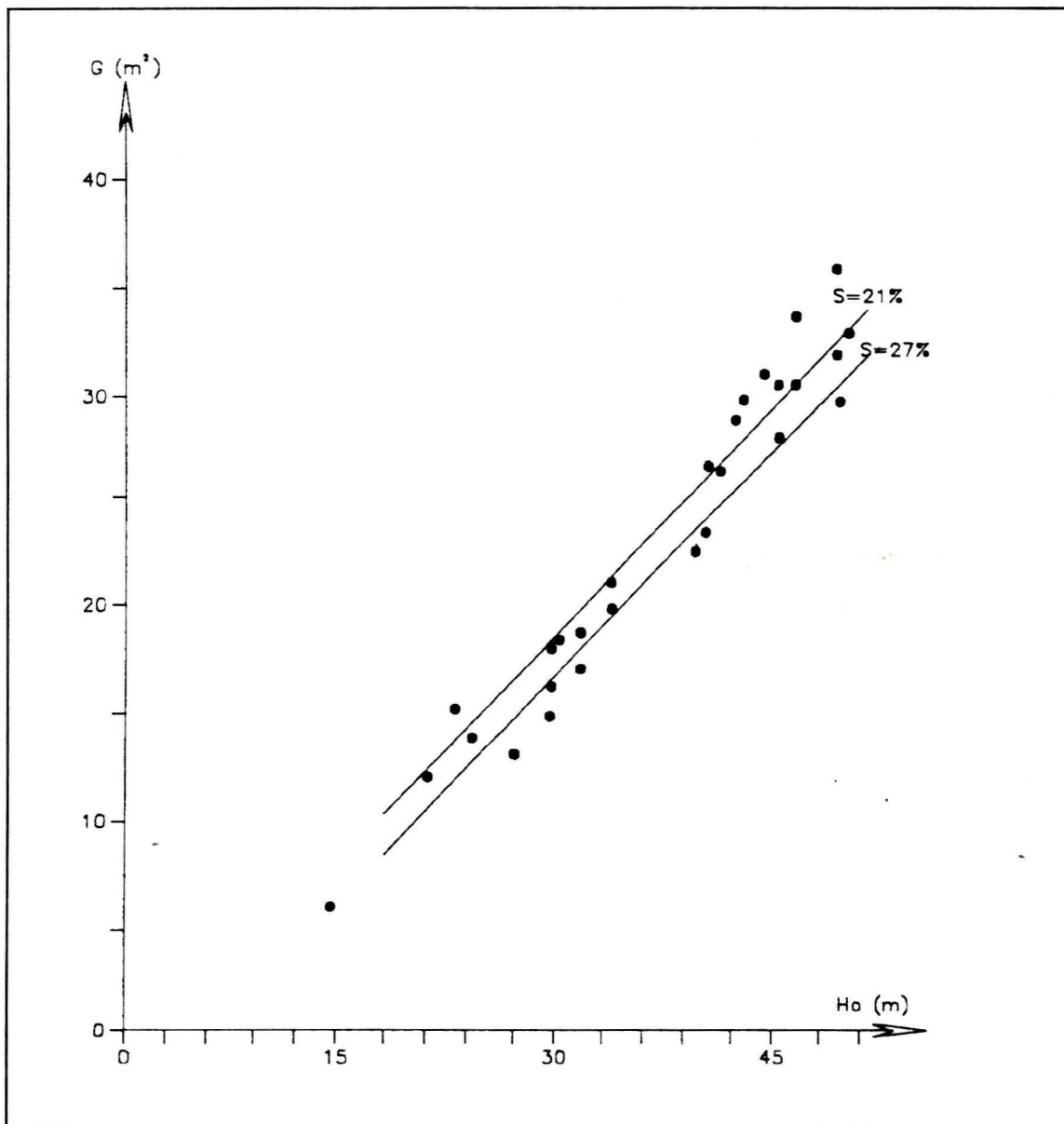
Le coefficient de détermination (R2) est de 0,97.

Le comportement des résidus est satisfaisant.

33 Détermination de la surface terrière.

Directement déduit de la relation précédente, la relation n'est étudiée qu'à titre indicatif.

La figure n° 28 montre le nuage de points (H_0, G).



* Commentaires.

- Le maximum atteint pour les parcelles très denses est de 35 mètres carrés.
- La surface terrière augmente avec la densité.
- On note des écarts de surface terrière importants (8 mètres carrés) pour des parcelles ayant une hauteur dominante de 48 mètres.

35 Conclusion.

A partir de la connaissance de la hauteur dominante et de la densité en Okoumé, il est aisé de déduire l'évolution des différents paramètres tels que la circonférence moyenne et la surface terrière, nécessaires à l'élaboration des tables de croissance. Le chapitre suivant va permettre d'établir la dernière relation afin de déterminer le volume d'un peuplement à partir de sa densité et de sa circonférence moyenne.

CHAPITRE V : LA CROISSANCE EN VOLUME

1 - CHOIX DU TARIF DE CUBAGE

11 Les tarifs existants.

Entre 1970 et 1982, des cubages d'Okoumés ont été réalisés dans des plantations au Gabon et au Cameroun suivant la méthode classique de découpage fictif de l'arbre en billons successifs de un mètre, et ceci jusqu'à la découpe bois fort (C = 22 cm).

Ce procédé simple fournit une des meilleures estimations du volume par cumul des différents billons assimilés à des cylindres dont la circonférence à mi-longueur a été calculée. C'est le volume bois-fort. (BRUNCK et al, 1990)

Les résultats obtenus dans les deux pays sont identiques. La relation du tarif s'écrit :

$$V = - 0,1 + 11 D^2 \quad \text{ou} \quad V = - 0,1 + 1,11 C^2$$

avec V = volume bois-fort en m³.

D = diamètre à 1,30 m en m.

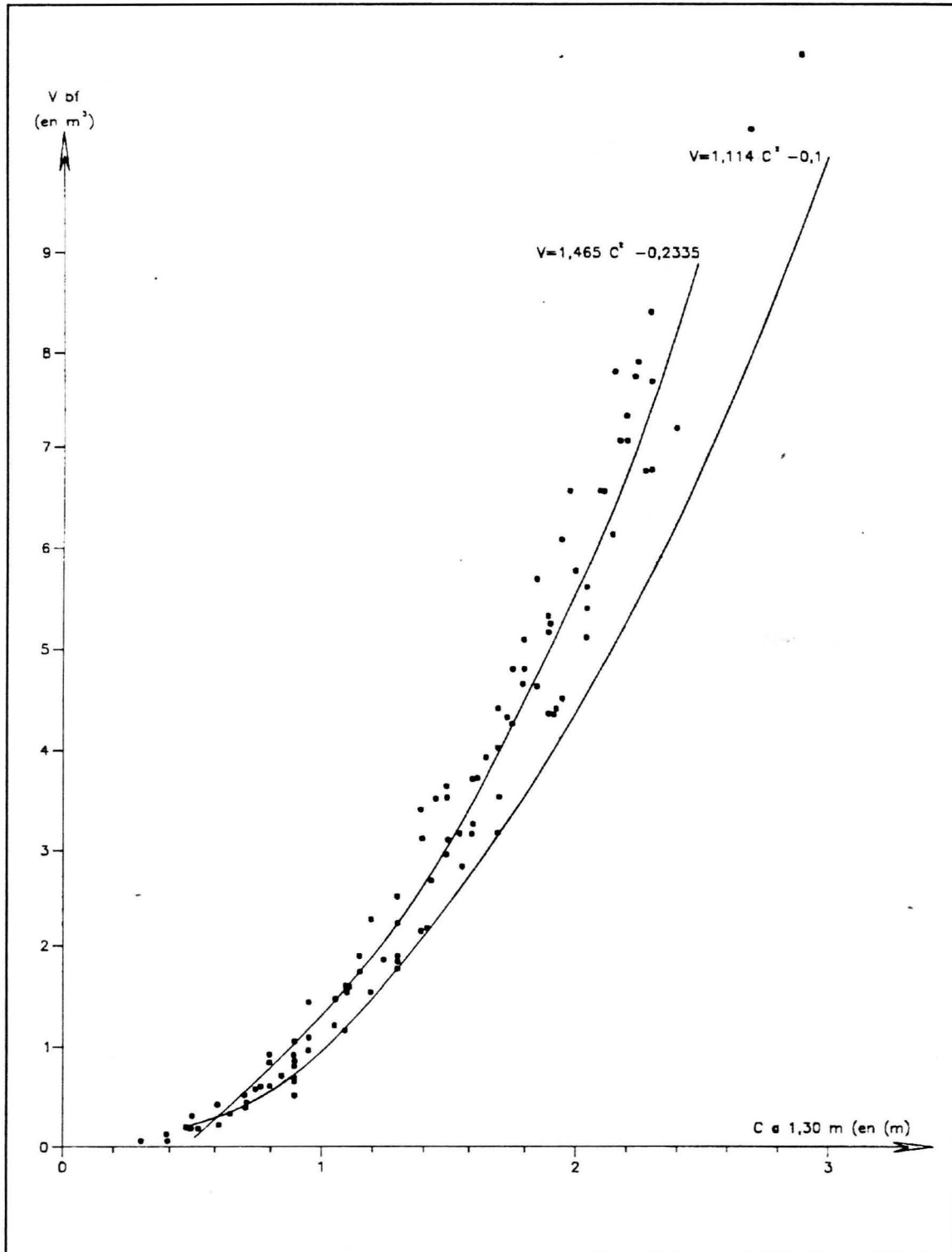
C = circonférence à 1,30 m en m.

Le domaine d'application s'étend de 0,1 à 0,77 mètre de diamètre.

12 Construction d'un tarif de cubage.

Les cubages des arbres pour le programme d'analyse de tiges ont montré qu'à circonférence égale, les volumes calculés avec le tarif étaient inférieurs à ceux effectivement estimés au sol. La morphologie des Okoumés de la région explique cette sous-estimation du volume : Les Okoumés y sont plus haut et plus volumineux à circonférence égale (voir figure n° 29).

Figure n° 29 : Volume bois fort en fonction de la circonférence à 1,30 m du sol.



Il nous a donc paru indispensable de construire un tarif particulier pour les Okoumés en peuplements naturels pour la région du sud-estuaire.

Pour construire le tarif, 104 Okoumés ont été abattus et cubés au sol selon la méthode citée ci-dessus. Le modèle étant le même, nous obtenons les résultats suivants :

$$V = 1,4649 \cdot C^2 - 0,2335 \quad \text{ou} \quad V = 14,458 \cdot D^2 - 0,2335$$

avec V = volume bois-fort en m³.

D = diamètre à 1,30 m en m.

C = circonférence à 1,30 m en m.

Le domaine d'application s'étend de 0,1 à 0,70 mètre de diamètre.

Les paramètres généraux sont:

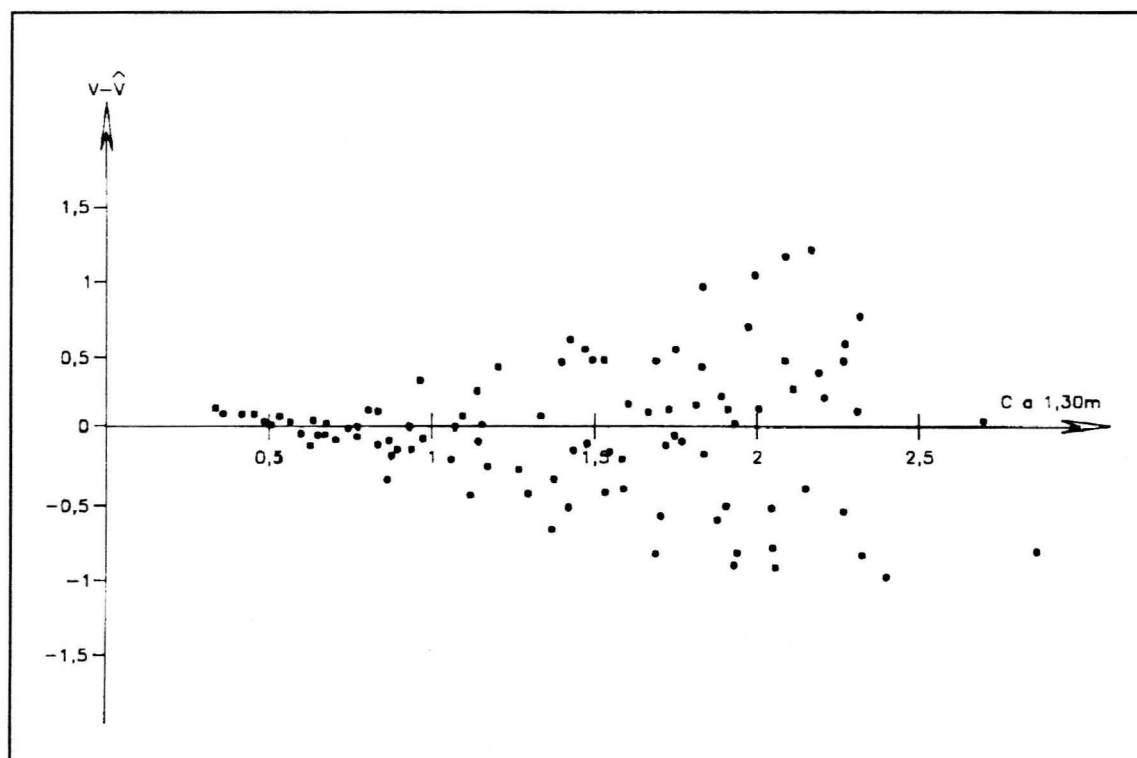
Erreur type de l'estimation : 0,4422 (102 degrés de liberté)

Coeff de corrélation (R) : 0,9852

Coeff de détermination (R^2) : 0,9706

L'étude des résidus nous montre un étalement pour les gros arbres. Il convient donc de pondérer cette régression.

Figure n° 30 : étude des résidus.



13 Pondération de la régression.

Un tarif de cubage par régression pondérée du même type a été calculée avec comme hypothèse que la variance de V (volume) est proportionnelle à D². Cela nous donne les résultats suivants :

$$V = 1,4294 \cdot C^2 - 0,1937 \quad \text{ou} \quad V = 14,108 \cdot D^2 - 0,1937$$

avec V = volume bois-fort en m³.

D = diamètre à 1,30 m en m.

C = circonférence à 1,30 m en m.

Le domaine d'application s'étend de 0,1 à 0,70 mètre de diamètre.

14 Utilisation.

A partir de ce tarif de cubage individuel, il est aisé de calculer le volume bois fort d'un peuplement. En connaissant le nombre d'individus (n) du peuplement et la circonférence de l'arbre moyen du peuplement, le volume bois fort du peuplement est donc :

$$V_{bf} = n \cdot (1,4294 \cdot C_g^2 - 0,1937)$$

2 - DETERMINATION DU VOLUME FUT

Pour les brigades de reboisement, la comparaison, arbre par arbre pour 71 Okoumés issus de plantation, du volume bois fort et du volume fût donne le rapport suivant :

$$\text{Volume fût} / \text{Volume bois fort} = 82,5 \%$$

avec une très faible variabilité (MAITRE et al, 1982).

3 - CONCLUSION

Les deux relations nécessaires à la construction des tables sont :

$$\begin{aligned} V_{bf} &= N.(1,4294. Cg^2 - 0,1937) \\ \text{et} \\ V_{fût} &= V_{bf} * 0,825. \end{aligned}$$

avec V_{bf} = volume bois fort du peuplement en m3.
 $V_{fût}$ = volume fût du peuplement en m3.
 N = densité du peuplement.

Elles servent donc à déterminer la production totale ainsi que les différents accroissements.

CHAPITRE VI

PRESENTATION DE LA TABLE DE PRODUCTION
POUR DEUX TYPES DE STATIONS1 - UTILISATION DES RELATIONS11 Méthode de calcul.

Nous disposons de quatre relations fondamentales qui constituent la table de base :

- 1) $H_0 = 15,97 \cdot \text{Log} t - K$
- 2) $C_g = - 1,3619 + 0,053 \cdot H_0 + 0,031 \cdot S$
- 3) $V_{bf} = N \cdot (1,4294 \cdot C_g^2 - 0,1937)$
- 4) $V_{fût} = V_{bf} \cdot 0,825$

A partir de ces relations, tous les cas sont envisageables dans la limite des valeurs constatées dans les divers peuplements :

t supérieur à 15 ans.
K compris entre 15 et 25.
N compris entre 80 et 450.
C_g comprise entre 0,3 et 2,20 m.

12 Choix des peuplements.

Nous devons souligner que l'éventail des peuplements est particulièrement vaste et que tous les cas de figure ne peuvent être résumés dans ce chapitre. Nous prendrons en exemple quatre types de peuplements correspondant à deux types de stations et deux densités.

Premier peuplement :

station bas de pente. $K = 15,34$: $H_{20} = 32,5$ m.
Densité très forte, 450 Okoumés à 15 ans et 120 à 50 ans.

Deuxième peuplement :

 station bas de pente. $K = 15,34$; $H20 = 32,5$ m.
 Densité faible, 320 Okoumés à 15 ans et 80 à 50 ans.

Troisième peuplement :

 station sur plateau. $K = 23,32$; $H20 = 24,5$ m
 Densité très forte.

Quatrième peuplement :

 station sur plateau. $K = 23,32$; $H20 = 24,5$ m.
 Densité faible.

Ces quatre peuplements représentent quelques cas de figure rencontrés dans la région d'Oyane. Ils ont cependant été choisis a priori et ne constituent que des exemples parmi d'autres, aussi bien pour les classes de fertilité que pour les densités.

2 - PRESENTATION DES TABLES

Les quatre tableaux n° 17 à n° 20 rassemblent les caractéristiques des peuplements de 15 à 50 ans. Nous nous sommes limités à cette période pour éviter des erreurs importantes.

Les données présentées sont :

l'âge t en années.

$H0$, la hauteur dominante en mètres.

N , la densité en Okoumé.

S , le facteur d'espacement en %

Cg , la circonférence moyenne en mètres.

Dg , le diamètre moyen en mètres.

Vg , le volume de l'arbre moyen en mètres cubes.

G , la surface terrière en mètres carrés.

le volume bois fort (bf) du peuplement en mètres cubes.

le volume fût du peuplement en mètres cubes.

la mortalité en nombre de tiges n , en volumes v et en volumes cumulés en mètres cubes.

$P.T$, la production totale en mètres cubes.

l'accroissement moyen en volume en mètres cubes par hectare et par an.

l'accroissement courant en volume en mètres cubes par hectare et par an.

PEUPLEMENT N° 1 ; BAS DE PENTE ET DENSITE TRES FORTE

PEUPLEMENT DOMINANT SUR PIED										MORTS			PRODUCTION ET ACCROISSEMENTS		
Age	H0	N	S%	Cg	Dg	Vg	G	volume bf fût		n	v	v	P.T	Acc moyen	Acc courant
ans	m			m	m	m3	m2	m3	m3		m3	m3	m3	m3/an	m3/an
15	27,9	450	18,2	0,68	0,21	0,47	16,5	210	173	0	0	0	210	14,0	35,0
20	32,5	385	16,9	0,88	0,28	0,92	23,9	354	292	65	30	30	384	19,2	32,9
25	36,1	320	16,6	1,07	0,34	1,43	29,0	459	379	65	60	90	549	22,0	29,4
30	39,0	250	17,4	1,25	0,39	2,02	30,9	506	417	70	100	190	696	23,2	24,7
35	41,4	190	18,8	1,42	0,45	2,67	30,3	508	419	60	121	311	819	23,4	19,3
40	43,6	155	19,8	1,56	0,49	3,30	30,1	511	422	35	94	405	916	22,9	14,2
45	45,4	135	20,4	1,68	0,53	3,82	30,2	516	426	20	66	471	987	21,9	12,4
50	47,1	120	20,8	1,78	0,56	4,34	30,3	520	429	15	57	528	1048	21,0	
56	48,9	110	—	—	0,60	—	—	534	441	—	—	—	—	—	—

PEUPLEMENT N° 2 : BAS DE PENTE ET FAIBLE DENSITE.

PEUPLEMENT DOMINANT SUR PIED										MORTS			PRODUCTION ET ACCROISSEMENTS		
Age	H0	N	S%	Cg	Dg	Vg	G	volume		n	v	v	P.T	Acc	Acc
ans	m			m	m	m3	m2	bf	fût		m3	m3	m3	m3/an	m3/an
15	27,9	320	21,5	0,78	0,25	0,69	15,7	219	181	0	0	0	219	14,6	28,8
20	32,5	250	20,9	1,01	0,32	1,26	20,2	315	260	70	48	48	363	18,2	25,7
25	36,1	190	21,6	1,22	0,38	1,94	22,5	368	304	60	76	124	492	19,7	21,8
30	39,0	140	23,3	1,43	0,45	2,72	22,7	380	314	50	97	221	601	20,0	16,4
35	41,4	110	24,7	1,60	0,50	3,46	22,4	384	314	30	82	303	684	19,5	12,1
40	43,6	95	25,3	1,73	0,55	4,10	22,7	389	321	15	52	355	744	18,6	9,3
45	45,4	85	25,7	1,84	0,58	4,65	22,9	395	326	10	41	396	791	17,6	7,3
50	47,1	80	25,5	1,93	0,61	5,10	23,6	408	337	5	23	419	826	16,5	

PEUPLEMENT N° 3 : PLATEAU ET DENSITE TRES FORTE.

PEUPLEMENT DOMINANT SUR PIED										MORTS			PRODUCTION ET ACCROISSEMENTS		
Age	H0	N	S%	Cg	Dg	Vg	G	volume		n	v	v	P.T	Acc	Acc
ans	m			m	m	m3	m2	bf	fût		m3	m3	m3	m3/an	m3/an
15	20,0	450	25,3	0,48	0,15	0,14	8,4	63	52	0	0	0	63	4,2	17,9
20	24,5	385	22,4	0,63	0,20	0,37	12,1	144	118	65	9	9	153	7,6	20,9
25	28,1	320	21,4	0,79	0,25	0,70	15,9	224	184	65	24	33	257	10,3	21,3
30	31,0	250	21,9	0,96	0,30	1,13	18,4	281	232	70	49	82	363	12,1	19,8
35	33,5	190	23,3	1,13	0,36	1,65	19,5	313	258	60	68	150	463	13,2	15,1
40	35,6	155	24,2	1,28	0,40	2,14	20,1	331	273	35	57	207	538	13,5	11,7
45	37,5	135	24,7	1,39	0,44	2,57	20,8	347	286	20	43	250	597	13,3	10,0
50	39,2	120	25,0	1,49	0,47	2,99	21,2	358	296	15	39	289	647	12,9	

PEUPLEMENT N° 4 : PLATEAU ET FAIBLE DENSITE.

PEUPLEMENT DOMINANT SUR PIED										MORTS			PRODUCTION ET ACCROISSEMENTS		
Age	H0	N	S%	Cg	Dg	Vg	G	volume bf fût		n	v	v	P.T	Acc moyen	Acc courant
ans	m			m	m	m3	m2	m3	m3		m3	m3	m3	m3/an	m3/an
15	20,0	320	30,0	0,62	0,20	0,37	10,1	119	98	0	0	0	119	7,9	17,1
20	24,5	250	27,7	0,79	0,25	0,71	12,6	178	147	70	26	26	204	10,2	18,5
25	28,1	190	27,7	0,98	0,31	1,20	14,7	228	188	60	43	69	297	11,9	17,6
30	31,0	140	29,3	1,19	0,37	1,83	15,8	256	211	50	60	129	385	12,8	13,8
35	33,5	110	30,6	1,36	0,43	2,46	16,2	270	223	30	55	184	454	13,0	9,5
40	35,6	95	31,0	1,48	0,47	2,96	16,7	281	232	15	37	221	502	12,5	7,8
45	37,5	85	31,1	1,59	0,50	3,42	17,1	290	240	10	29	250	540	12,0	5,7
50	39,2	80	30,6	1,67	0,53	3,77	17,7	302	249	5	17	267	569	11,4	
63	42,8	70	-	-	-	4,63	-	324	267	-	-	-	629	10,0	-

3 - UTILISATION DE LA TABLE

Il est évident que les cas rencontrés sur le terrain par les aménagistes seront bien différents des quatre exemples qui illustrent ce document. Devant un peuplement d'Okoumé dont on veut retracer l'histoire, mais surtout prévoir l'évolution probable, deux étapes sont nécessaires :

31 Détermination de l'âge du peuplement

Deux méthodes sont envisageables en fonction de cas rencontrés et des moyens.

- * la situation topographique de la station est typique (plateau, bas de pente). On peut donc prendre un indice de fertilité connu et déduire l'âge du peuplement.

Par exemple, un peuplement d'Okoumé sur plateau avec une hauteur dominante de 30 mètres et un indice de fertilité choisi de 23,3 aura environ 28 ans.

- * Le classement de la station n'est pas évident (milieu de pente, présence de légumineuses, etc...). On peut abattre quelques arbres moyens du peuplement et compter les cernes d'accroissement sur les rondelles prélevées à la base des arbres. Cette méthode plus longue, plus coûteuse, et plus compliquée permet de déterminer l'âge du peuplement, mais aussi la fertilité de la station.

32 Prévision des caractéristiques dendrométriques du peuplement

Les données facilement mesurables sur le terrain sont :

- . la hauteur dominante H_0 ,
- . la circonférence moyenne C_g ,
- . le nombre de tiges de l'étage dominant N .

Il est donc possible de calculer les paramètres tels que le volume et la surface terrière et de vérifier par la même occasion la fiabilité des relations déterminées dans les précédents chapitres.

33 Evolution de la densité

En fonction de l'âge et de la densité du peuplement, il est possible de prévoir approximativement l'évolution de la densité grâce au graphique de la figure n° 7 page 76.

34 Construction d'une nouvelle table

Toutes les relations étant déterminées, les données chiffrées peuvent être présentées sous forme de tableaux.

CHAPITRE VII :
ETUDE DE L'EVOLUTION DES PEUPEMENTS

1 - EVOLUTION DU DIAMETRE MOYEN DANS LE TEMPS

Le diamètre moyen (ou la circonférence moyenne) à 1,30 m du sol est la mesure dendrométrique la plus couramment relevée pour décrire un peuplement. Nous avons vu précédemment que pour une même fertilité, l'évolution du diamètre dans le temps dépendait de la densité du peuplement. La figure n° 29 montre l'évolution du diamètre moyen pour les quatre peuplements étudiés.

* Commentaires de la figure n° 29 :

A 50 ans, sur une même station, les écarts de diamètre entre les deux peuplements sont compris entre 5 et 10 cm. En réalité, si les moyennes sont relativement proches, la part d'Okoumés exploitables est plus importante dans les peuplements peu denses. Les croissances en diamètre étant relativement faibles, l'écart de diamètre représente un temps important pour arriver au diamètre d'exploitabilité.

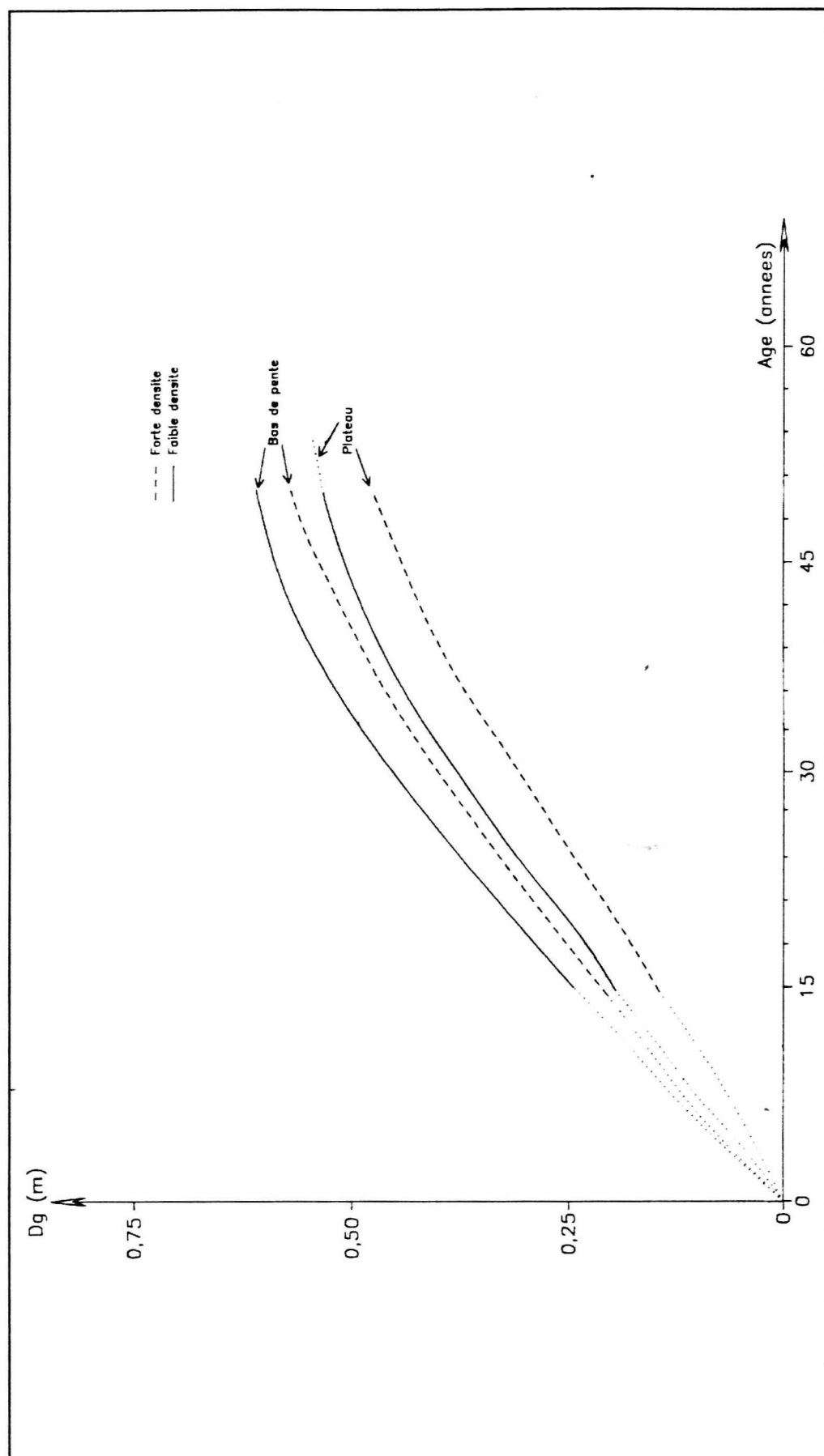
Le diamètre d'exploitabilité retenu est de 60 cm. Actuellement, ce diamètre est compatible avec les exigences de transformation en usine (déroulage, sciage) et représente d'importants avantages économiques et sylvicoles de valorisation accélérée du potentiel disponible (B.VANNIERE, 1971).

Ce diamètre moyen est atteint à : (voir figure 29)

- 48 ans pour les peuplements peu denses en bas de pente.
- 56 ans pour les peuplements très denses en bas de pente.
- 63 ans pour les peuplements peu denses sur plateau.
- environ 70 ans pour les peuplements très denses sur plateau.

Ces résultats illustrent la nécessité d'éclaircir les peuplements afin de réduire leur densité et leur âge d'exploitabilité.

Figure n° 29 : évolution dans le temps du diamètre moyen.



2 - EVOLUTION DE L'ACCROISSEMENT EN DIAMETRE DANS LE TEMPS

L'accroissement annuel du diamètre moyen d'un peuplement est souvent utilisé pour avoir une bonne idée de sa croissance en général et de la concurrence régnant dans ce peuplement. D'une utilisation plus simple que l'accroissement en volume, il est le reflet d'un état du peuplement (densité, concurrence) et dans un effet moindre, l'indicateur des potentialités de la station.

Les figures n° 30 et n° 31 montrent l'évolution des accroissements moyen et courant sur le diamètre dans le temps pour les quatre peuplements étudiés.

La figure n° 30 représente ces accroissements en diamètre pour les peuplements situés en bas de pente. La figure n° 31, les accroissements des peuplements sur plateau.

Les accroissements des peuplements très denses sont représentés en pointillés.

Les accroissements courants ont été calculés sur des périodes de cinq ans.

Figure n° 30 : évolution dans le temps de l'accroissement en diamètre

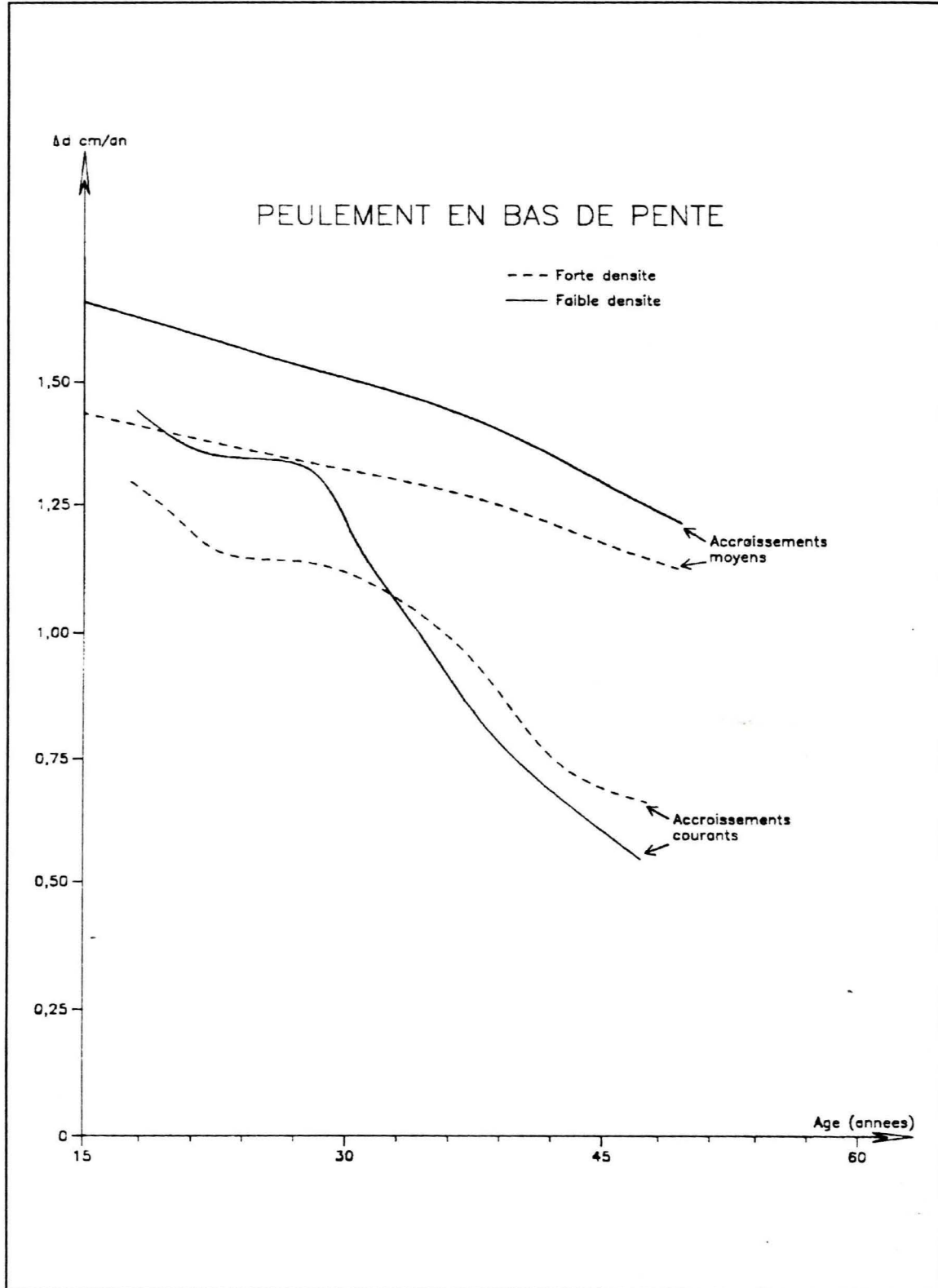
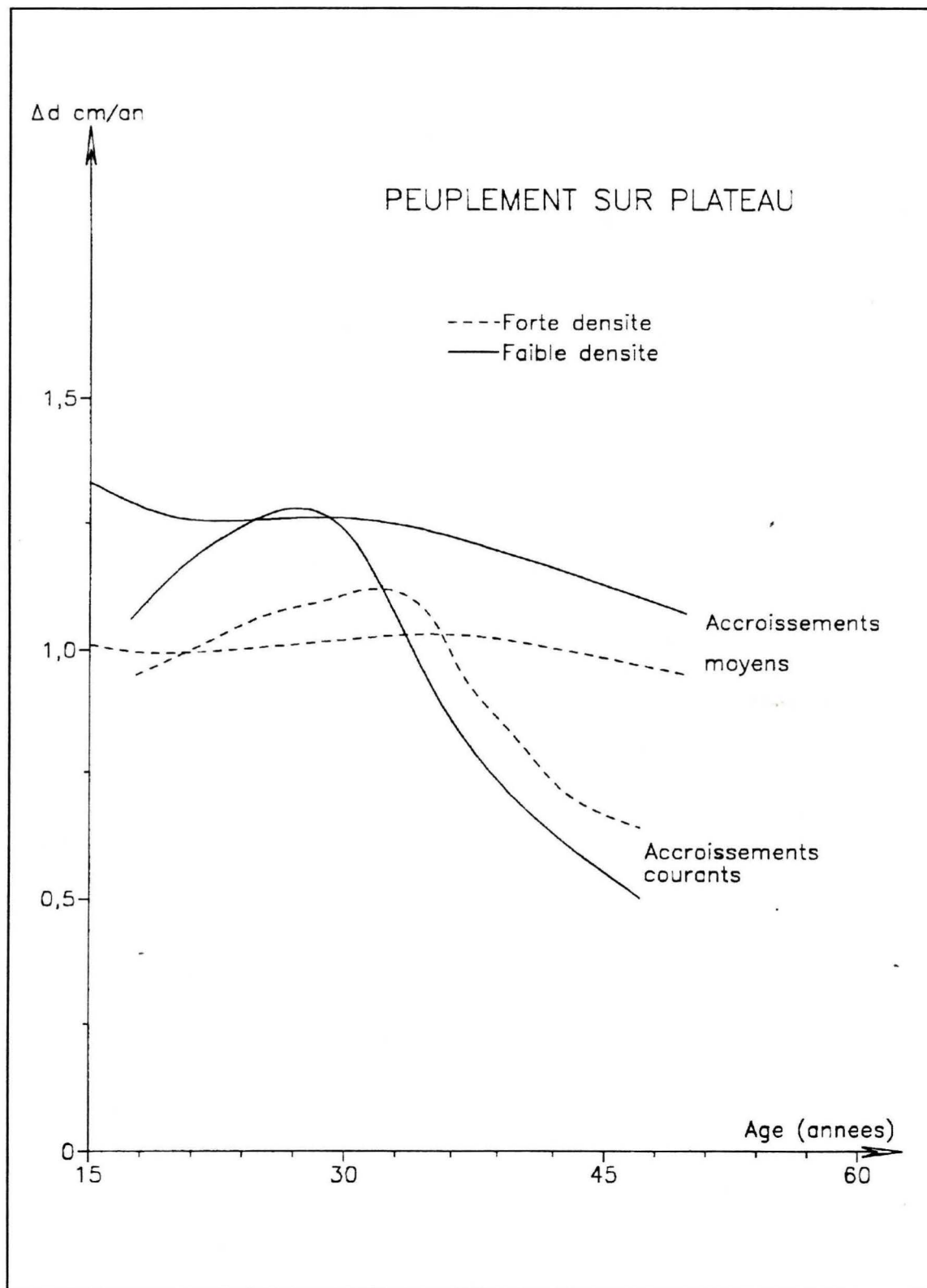


Figure n° 31 : évolution dans le temps de l'accroissement en diamètre



* Commentaires des figures n° 30 et n° 31 :

Pour les stations en bas de pente :

Les accroissements courants sont de 1,25 à 1,4 cm selon la densité jusqu'à 24 ans et chutent brutalement pour atteindre 0,5 à 0,6 cm à 45 ans.

A 45 ans, les accroissements moyens sont d'environ 1,15 à 1,25 cm sur le diamètre.

Les accroissements maximums semblent être atteints vers 15 ans.

Pour les stations sur plateau :

Les accroissements courants sont d'environ 1 cm sur le diamètre entre 15 et 20 ans, soit environ 30 à 40 % de moins que pour les peuplements en bas de pente. Ils progressent jusqu'à 1,0 à 1,3 cm entre 25 et 35 ans selon la densité. Ils chutent brutalement pour atteindre 0,5 à 0,6 cm à 45 ans.

Les accroissements maximums sont plus tardifs en raison de la fertilité plus faible de la station (environ 30 ans).

Pour toutes les stations :

Après 30 ans, les accroissements courants des peuplements denses sont légèrement supérieurs à ceux des peuplements peu denses. Les fortes chutes de densité dans les premiers peuplements font augmenter le facteur d'espacement donc le diamètre moyen .

L'objectif d'une sylviculture dynamique est d'obtenir, après l'intervention sylvicole vers 15 ans, un accroissement courant sur le diamètre d'environ 1 centimètre. Nous sommes loin de ces croissances, même dans les meilleures stations avec les plus faibles densités.

Après 30 ans, dans tous les cas, la croissance chute d'une façon linéaire jusqu'à 0,5 centimètre sur le diamètre entre 45 et 50 ans. Des comparaisons d'inventaires dans des peuplements âgés de 55 ans ont montré des accroissements plus faibles (0,3 cm).

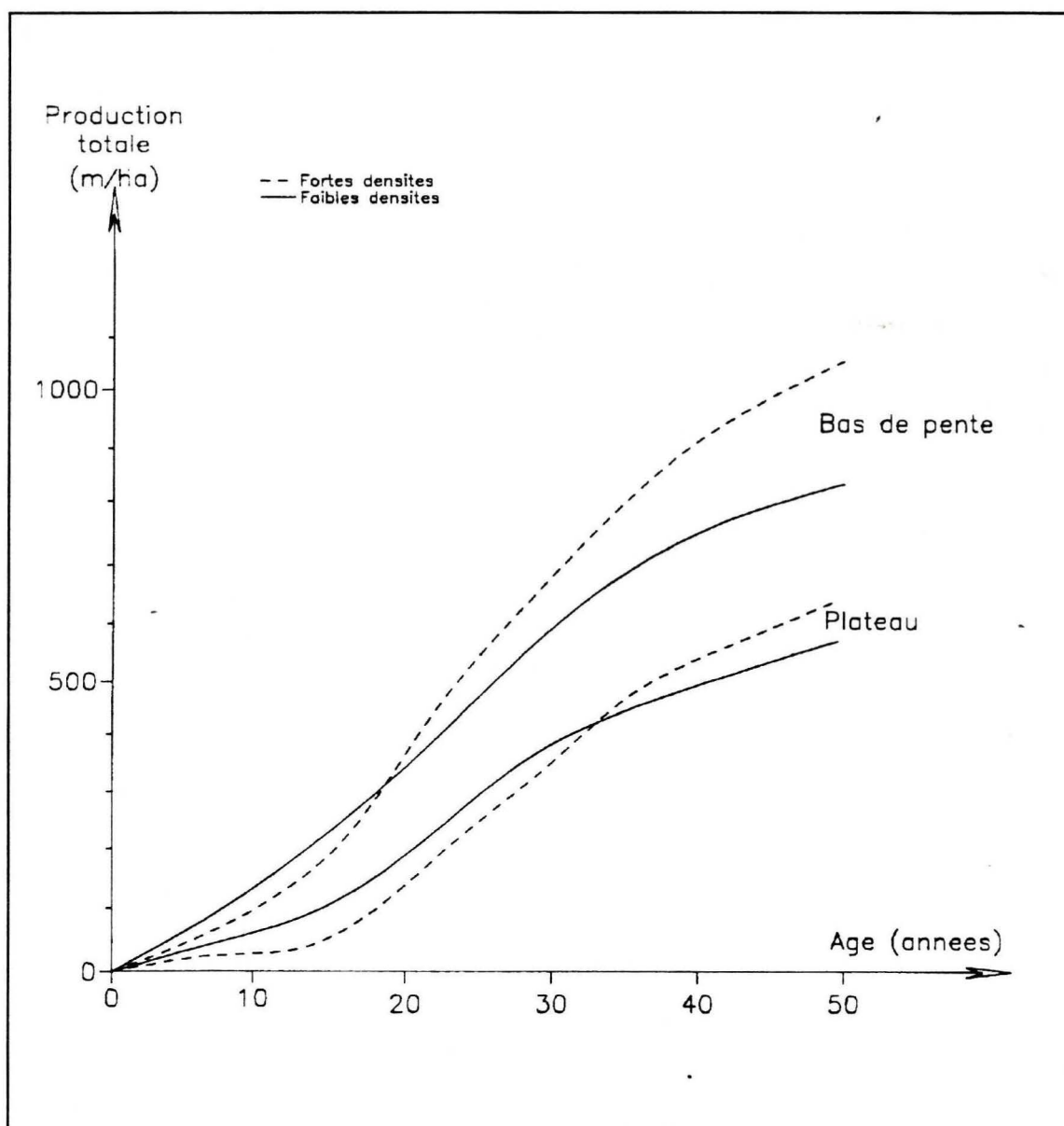
3 - EVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DES ACCROISSEMENTS EN VOLUME

31 Evolution de la production.

La production totale dépend principalement de la fertilité de la station. La figure n° 32 montre l'évolution dans le temps de la production totale pour les quatre peuplements étudiés.

Les productions des peuplements très denses sont toujours en pointillés.

Figure n° 32 : évolution de la production totale avec le temps pour quatre types de peuplements.



* Commentaires de la figure n° 32 :

Sur une même station, Les écarts de production sont importants selon la densité. Plus le peuplement est dense, plus la production est importante. A 50 ans, pour les peuplements très denses, elle est supérieure de 14 % pour les peuplements sur plateau et de 34 % pour les peuplements en bas de pente.

Pour une même densité, la production varie avec la fertilité de la station.

- Pour les faibles densités, à 50 ans, la production totale est de 826 mètres cubes pour le peuplement en bas de pente, et de 569 mètres cubes pour le peuplement sur plateau (+ 70 %).
- Pour les très fortes densités, à 50 ans, la production totale est de 1.106 mètres cubes pour le peuplement en bas de pente, et de 647 mètres cubes pour le peuplement sur plateau (+ 45 %).

32 Evolution de l'accroissement en volume.

Les accroissements en volume qui découlent de la production dépendent aussi de nombreux facteurs mais nous n'étudierons que l'influence de la fertilité et de la densité.

Nous avons vu dans le premier chapitre qu'on différenciait l'accroissement moyen représentant la moyenne de la production totale depuis l'origine, et l'accroissement courant qui représente le gain de production pour une période donnée.

Les graphiques de la figure n° 33 représentent les accroissements en volume pour les peuplements situés en bas de pente.

Les graphiques de la figure n° 34 représentent les accroissements en volume pour les peuplements situés sur plateau.

Figure n° 33 : évolution des accroissements en volume pour deux peuplements en bas de pentes.

Peuplement n° 1 : très forte densité.

Peuplement n° 2 : plus faible densité.

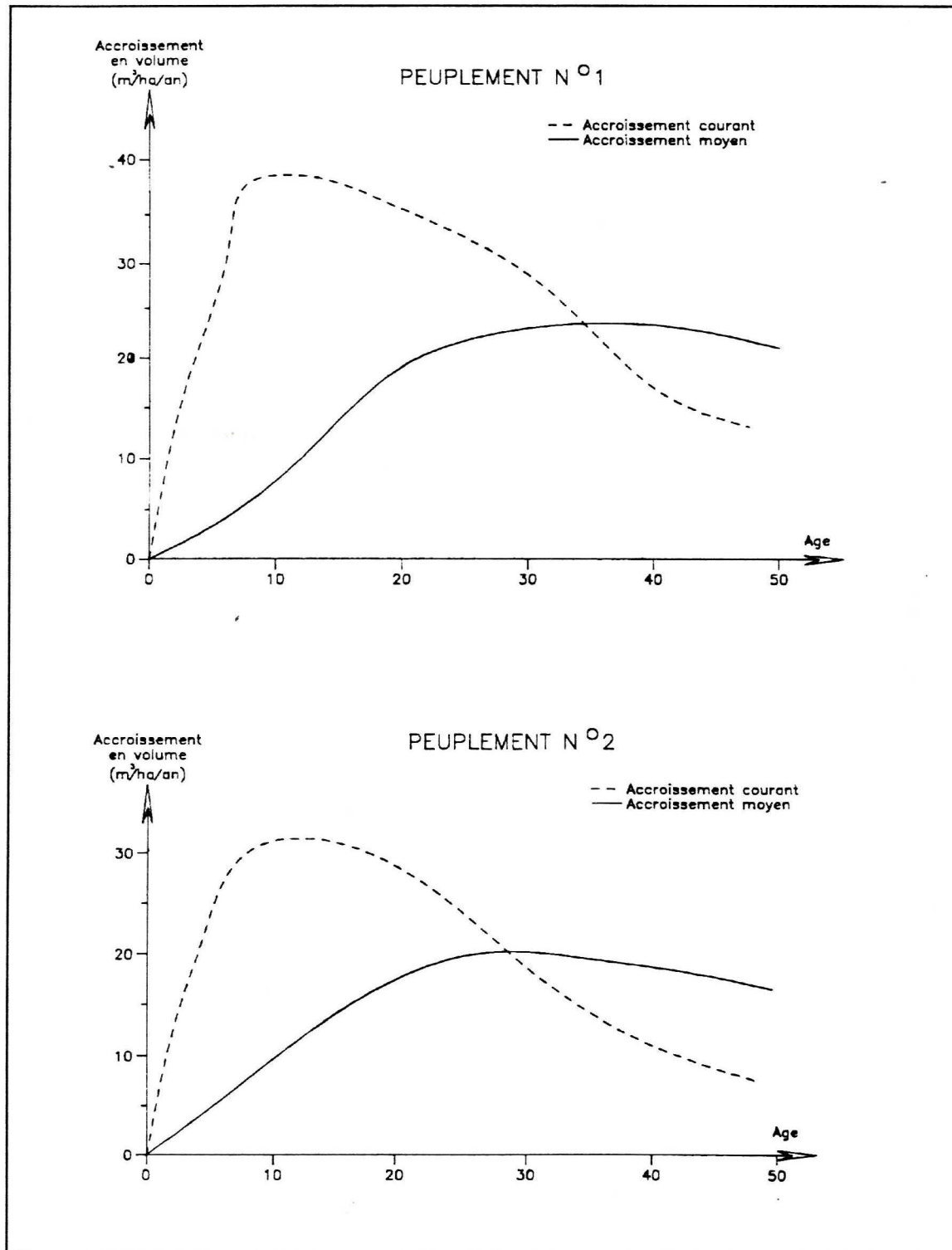
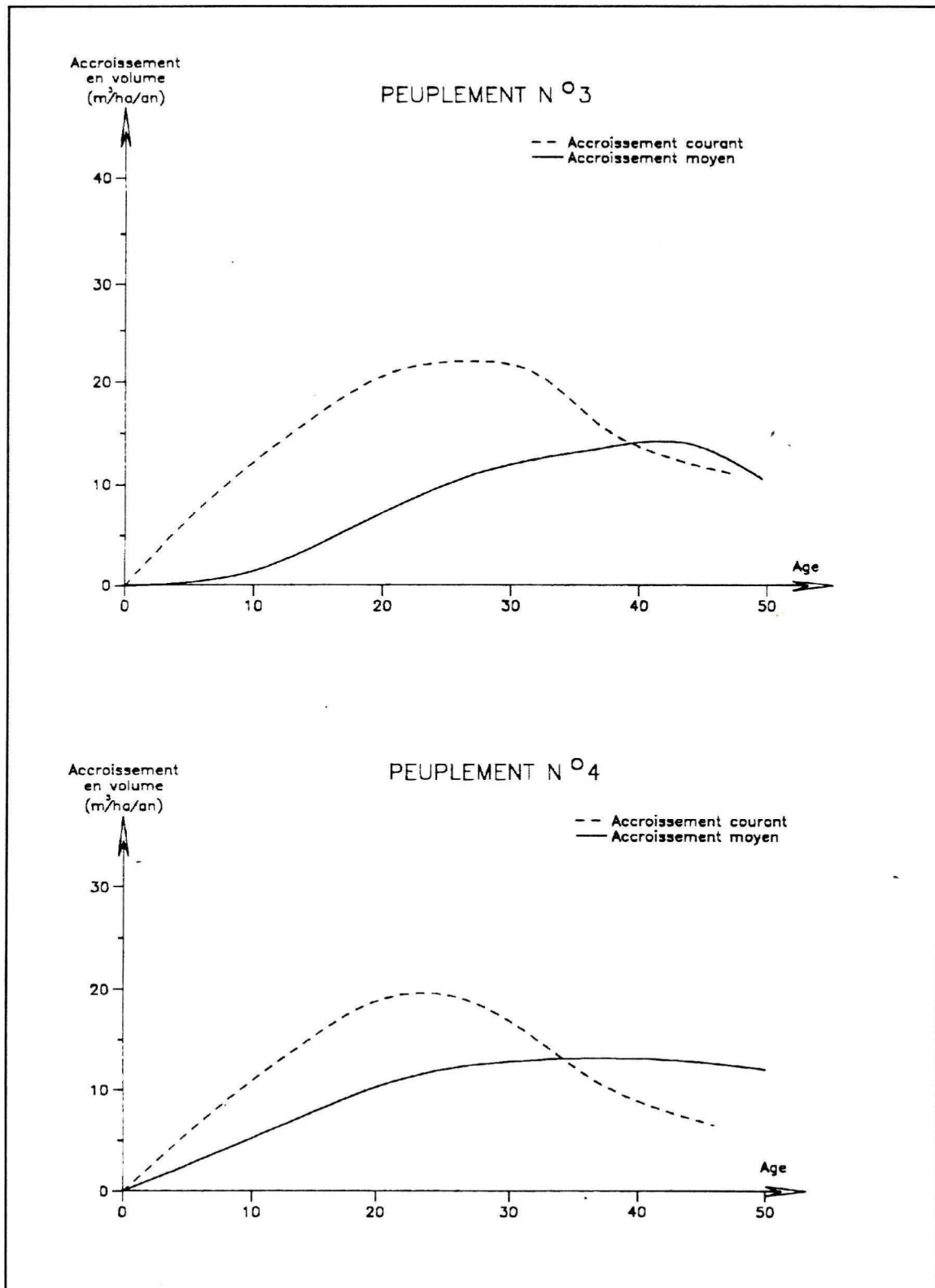


Figure n° 34 : évolution des accroissements en volume pour deux peuplements sur plateaux.

Peuplement n° 3 : très forte densité.

Peuplement n° 4 : plus faible densité.



* Commentaires des figures n° 33 et n° 34 :

- Etude des accroissements courants :

L'accroissement courant maximum est de 35 mètres cube par hectare et par an pour le peuplement n° 1 entre 15 et 20 ans.

Il est de 29 mètres cubes pour le peuplement n° 2 entre 15 et 20 ans.

Il est de 21,3 mètres cubes pour le peuplement n° 3 entre 25 et 30 ans.

Il est de 18,5 mètres cubes pour le peuplement n° 4 entre 20 et 25 ans.

- Etude des accroissements courants :

A 50 ans, âge de maturité des peuplements, on constate les accroissements moyens suivants :

- 21 mètres cubes par hectare et par an pour le peuplement n° 1.
- 16,5 mètres cubes pour le peuplement n° 2.
- 12,9 mètres cubes pour le peuplement n° 3.
- 12 mètres cubes pour le peuplement n° 4.

on peut noter que les accroissements en volume dépendent principalement de la fertilité de la station.

Les accroissements étant liés à la production totale, nous retrouvons les mêmes observations que pour le paragraphe précédent.

- Commentaires généraux :

Les règles concernant les accroissements courants et moyens observées en forêt tempérée sont vérifiées pour les quatre peuplements :

- Le maximum de l'accroissement courant est toujours plus élevé et il est obtenu plus tôt que celui de l'accroissement moyen.
- Quelle que soit la station, le rapport $\frac{Im \text{ max}}{Ic \text{ max}}$ est constant aux alentours de 67 %.

- Le maximum de la courbe de l'accroissement moyen annuel se place au moment où elle coupe celle de l'accroissement courant annuel.
- Les maximums des deux accroissements sont d'autant plus précoces que la fertilité est bonne.

4 - RECOLTE ESCOMPTEE ET AGE D'EXPLOITABILITE

41 Introduction.

Les questions essentielles pour un aménagiste sont de savoir à quel âge un peuplement est susceptible d'être exploité et quel volume en tirera-t-on. La réponse dépend naturellement du choix du diamètre d'exploitabilité. Nous avons retenu 0,60 mètre car c'est le meilleur compromis entre les impératifs économiques et les contraintes sylvicoles. Les accroissements en diamètres sont faibles après 40 ans et il faudrait attendre bien trop longtemps pour voir arriver l'arbre moyen du peuplement à un diamètre de 0,70 mètre.

42 Rappel sur la dispersion des diamètres.

Les structures diamétriques étudiées dans la quatrième partie ont montré des distributions normales des fréquences en Okoumé. On peut donc en déduire qu'environ :

- 50 % des Okoumés ont un diamètre supérieur ou égal à la moyenne.
- 66 % des Okoumés sont compris entre -1s et 1s.
- 95 % des Okoumés sont compris entre -2s et 2s.

Si un peuplement a atteint le diamètre d'exploitabilité, on peut affirmer qu'environ la moitié des Okoumés de ce peuplement a atteint ce diamètre.

43 Résultats.

Les chiffres sont tirés des conclusions des précédents paragraphes et de l'étude de l'évolution du diamètre moyen d'un peuplement (figure n° 29).

Les volumes estimés sont ceux des tables de production. Les Okoumés dont le diamètre est inférieur à 60 cm sont pris en compte pour le calcul du volume.

Pour un diamètre d'exploitabilité de 60 cm, on peut s'attendre aux résultats suivants :

Peuplement n° 1 :

âge d'exploitabilité : 56 ans
densité du peuplement: 110
volume bois fort : 534 m3
volume fût : 441 m3
Okoumés exploitables : 55

Peuplement n° 2 :

âge d'exploitabilité : 48 ans
densité du peuplement: 80
volume bois fort : 408 m3.
volume fût : 337 m3.
Okoumés exploitables : 40

Peuplement n° 3 :

âge d'exploitabilité : 70 ans
densité du peuplement: 60 à 70
volume bois fort : environ 360 m3
volume fût : environ 300 m3
Okoumés exploitables : 30 à 35

Peuplement n° 4 :

âge d'exploitabilité : 63 ans
densité du peuplement: 70
volume bois fort : 324 m3
volume fût : 267 m3
Okoumés exploitables : 35

5 - CONCLUSION

On le voit, le nombre d'Okoumés susceptibles d'être récoltés dans ces peuplements est relativement important comparé aux forêts plus hétérogènes. Cependant, le fait d'avoir des densités très fortes ralentit la croissance. L'absence d'éclaircie diminue le pourcentage de bois de déroulage.

CONCLUSION GENERALE ET DISCUSSION

I RAPPEL DES POINTS MARQUANTS

Dans cette étude, nous avons décrit dans les trois premières parties, le milieu et le dispositif expérimental. Les trois dernières parties regroupent les différentes observations sur les peuplements naturels ainsi que les résultats des modélisations des croissances.

Nous avons d'abord décrit la forêt gabonaise, rappelé les particularités de l'Okoumé, l'histoire des actions sylvicoles entreprises et de l'exploitation forestière.

La région du Sud-Estuaire, cadre des actions d'amélioration des peuplements naturels a été décrite dans la deuxième partie.

Ces actions qui servent à évaluer la rentabilité des éclaircies sont un des volets du Projet savanes côtières, décrit en troisième partie. C'est à partir de ces travaux qu'ont été tirés les résultats et les observations des trois dernières parties.

La quatrième partie traite de la composition floristique, de la densité et de la structure des peuplements d'Okoumé. Les conclusions que l'on peut tirer de cette étude sont :

- * La forêt défrichée par les agriculteurs pour y faire des plantations vivrières se reconstitue très souvent et très facilement en peuplements d'Okoumé quand il y a quelques semenciers à la périphérie de la zone défrichée.
- * Après quelques années, les densités en Okoumé sont extrêmement élevées, mais variables d'un cas à l'autre.
- * L'Okoumé est peu concurrencé par les autres essences. Le Parasolier, *Musanga cecropioides*, est pratiquement absent de ces zones sableuses. La plupart de ces anciennes plantations sont des peuplements purs ou presque purs avec plus de 65 % d'Okoumés. Une centaine d'espèces aux comportements différents sont présentes. On rencontre peu d'essences commerciales.

- * Les densités sont très variables. De nombreux facteurs interviennent ; le plus important est la quantité de semenciers aux abords de la plantation. Les éléphants ont également un rôle destructeur. Les densités varient de 400 à 600 Okoumés par hectare à 20 ans et de 200 à 350 Okoumés par hectare à 40 ans.
- * L'étude de la structure verticale des peuplements a permis de retrouver les trois strates des peuplements artificiels.
- * En combinant l'étude de la mortalité naturelle et la structure verticale, nous avons pu simuler l'évolution d'un peuplement de 15 ans jusqu'à 45 ans et remarquer : une mortalité naturelle importante (50 %) et un passage systématique vers les strates inférieures avec la concurrence.
- * Un grand nombre d'Okoumés de l'étage dominé survivent, privés de lumière. Le rôle des anastomoses racinaires mises en évidence par LEROY-DEVAL est primordial.
- * Les peuplements sont élancés, fragiles, avec des facteurs d'élancement souvent supérieurs à 80.

Dans la cinquième partie, nous avons exclusivement traité de l'important programme d'analyse de tiges réalisé sur les peuplements de la région d'Oyane. C'est la première fois qu'une tentative de datation des peuplements et de modélisation de la croissance en hauteur est réalisée en milieu naturel où l'âge est inconnu.

Les résultats montrent une concordance avec les précédents travaux dans les plantations artificielles.

L'ajustement des différents faisceaux de courbes en partie commune a permis de trouver un modèle commun pour toute une gamme de peuplements de la région avec un terme variable assimilé à un indice de fertilité.

Chaque station a été classée en fonction de la hauteur dominante et de l'âge du peuplement qu'elle supporte.

Dans la dernière partie, nous avons regroupé les différentes relations nécessaires à l'établissement de la table de base. Valable dans un vaste éventail de situations et de stations, elle est illustrée par quatre types de peuplements. Elle synthétise en données chiffrées l'évolution des caractéristiques dendrométriques des peuplements.

Certaines observations ont pu être dégagées :

- En raison de la forte densité, la croissance en diamètre est très faible. Le diamètre d'exploitabilité n'est donc atteint que très tardivement (70 ans dans certains cas).
- La production totale varie du simple au double.

II DISCUSSION

Cette table de production, même si elle n'est que provisoire, a le mérite de regrouper sous forme de tableaux simples toute l'évolution d'un peuplement naturel.

Claire, lisible et facilement utilisable, elle permet de se rendre compte de l'extrême richesse de ces peuplements. D'autres tables pourront être réalisées quand les résultats définitifs du Projet "Aménagement forestier en zone de savanes côtières" seront connus. Elles permettront de suivre l'évolution des peuplements éclaircis à 15, 20, 25 ou 30 ans.

Cette étude est réalisée juste avant le début d'un important Projet d'aménagement dans le massif du Sud-Estuaire, financé par la Banque Mondiale.

Elle met en évidence les fortes densités dans les peuplements rencontrés et par induction :

- les faibles croissances en diamètre,
- la forte mortalité ainsi que le volume important (jusqu'à 500 mètres cubes) perdu pour l'aménagiste.

Le choix d'une intervention sylvicole par éclaircie sélective au profit des plus beaux arbres s'impose ; avec cependant une certaine prudence au vu de leur fragilité et de leur structure particulière.

Le Gabon étant le principal producteur en Okoumé, il est important d'assurer la pérennité de cette essence en intervenant dans ces peuplements maintenant bien connus où la sylviculture mise au point depuis de nombreuses années ne fait plus de doute sur son efficacité.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBREVILLE (A). (1948) - "Richesses et misères des forêts de l'Afrique noire française." - Mission forestière 1945-1946, Paris.
- AUBREVILLE (A) (1951) - "Fiche botanique de l'Okoumé." - Bois et Forêts des Tropiques n° 18-19.
- AVENARD (J.M) (1969) - "Réflexions sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêt/savanes. Essai de mise au point et bibliographie" - ORSTOM n° 14, 154 pages.
- BARRET (J) (1983) - "Géographie et cartographie du Gabon." Atlas illustré. Institut pédagogique national, Libreville, Gabon - Edicaf. Paris.
- BECKER (M) - LE TACON (F) - TIMBAL (J) (1980) - "Les plateaux calcaires de Lorraine, types de stations et potentialités forestières" - Nancy ; éditions de l'Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts - 216 p + 52 p de dessins et annexes.
- BEDEL (J) (1969) - "Estimation de la croissance de l'Okoumé en forêt naturelle. Résultats des lectures de cernes effectués en 1969." CTFT - 12 p.
- BIRAUD (J) (1959) - "Reconstitution naturelle et amélioration des peuplements d'Okoumé au Gabon." Bois et Forêts des Tropiques n° 66 p 3 à 26.
- BRUNCK (F) (1987) - "Surveillance sanitaire des plantations forestières. Rapport de mission au Gabon du 12 au 26 février 1987." C.T.F.T
- BRUNCK (F) - GRISON (F) - MAITRE (H.F) (1990) - "L'Okoumé. Monographie." C.T.F.T.
- CAILLIEZ (F) - ALDER (D) - (1980) "Estimation des volumes et accroissements des peuplements forestiers avec référence particulière aux forêts tropicales. Volume 1 : Estimation des volumes / F. Cailliez ; volume 2 : Etude et prévision de la production/ D. Alder.- Rome Food and Agriculture Organization - 99 p. et 229 p. (études F.A.O : forêts n° 22/1 et 22/2).

- CATINOT (R) (1965) - "Sylviculture en forêt dense africaine."
Bois et Forêts des tropiques, n° 100 à 104.
- CHRISTY (P) - MOUNGAZI (A) - WILKS (C) (1990) - "An environmental study of the Oyan area for the SUN GABON OIL COMPANY." Rapport confidentiel. Africa Forest. Libreville.
- CLEMENT (J) - GUERIN (J.L) - NOUVELLET (Y) (1979) - "Développement forestier du Gabon. Aménagement du massif du sud-estuaire." C.T.F.T/F.A.O. 253p + annexes.
- DECOURT (N) (1972) - "Méthode utilisée pour la construction rapide des tables de production provisoires en France." Annales des sciences forestières, vol.29, n° 1, PP. 35-48.
- DECOURT (N) (1973) - "Protocole d'installation et de mesures des placettes de production semi-permanentes"- Nancy : I.N.R.A. 25 p.
- DUFOULON (G) - BARRET-LEFEUVRE (G) (1979) - "La forêt gabonaise." Libreville.
- DUFOULON (G) - RIVIERE (L) (1990) - "Amélioration des peuplements naturels d'Okoumé au Gabon."- Communication, atelier de Cayenne, 22 p.
- DUPUY (B) (1984) - "Bilan en 1983 de la croissance des plantations d'Okoumé de la réserve de la Kienke-sud. (Kribi, Cameroun)." Station de recherches forestière d'Edea, Cameroun.
- FOGGIE (A) (1960) - "Natural regeneration in the humid tropical forest".- Caribbean for, 1, (21), p 73-81.
- GRISON (F) (1975) - "Note à propos de la dispersion des graines d'Okoumé." - C.T.F.T.
- GRISON (F) (1978) - "Note sur les fleurs de 14 Okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre, Burséracées)." Adansonia ser.2, 17/3, pp 335-342.
- HUMMEL (F.C) - CHRISTIE (J.M) (1957) - "Methods used to construct the revised yield tables for conifers in Great Britain. In Forest Research. - Londres - 5 p.
- KING (J) (1991) - "Tree regeneration and herbaceous community reponse to fire exclusion in a forest-savanna mosaic in Gabon, Central Africa." School of the Environment. Duke university.
- JACAMON (M) (1983) - "Arbres et forêts de Lorraine." - Ingersheim: Editions S.A.E.P. - 141 p.
- KOECHLIN (J) (1950) - "Flore du Gabon n°5, les graminées." Muséum d'Histoire Naturelle.

- LEROY-DEVAL (J) (1974) - "Structure dynamique de la rhizosphère de l'Okoumé dans ses rapports avec la sylviculture." - C.T.F.T - 113 p, 38 fig. et cartes, 15 photos.
- (1976) - "Biologie et sylviculture de l'Okoumé. Tome 1. La sylviculture de l'Okoumé." Thèse. - C.T.F.T - 355 p.
- (1976) - "Biologie et sylviculture de l'Okoumé. Tome II. Maladies et défauts de l'Okoumé." - CTFT 76 p.
- LETOUZEY (R) (1972) - "Manuel de botanique forestière. Afrique tropicale. Tome 1, 2A, 2B." C.T.F.T.
- MAITRE (H.F) (1983) - "Table de production provisoire du Teck (*Tectona grandis*) en Côte d'Ivoire. C.T.F.T - 71 p.
- MAITRE (H.F) (1988) - "Mission d'appui technique au projet aménagement forestier en zone de savanes côtières." Novembre. C.T.F.T.
- MAITRE (H.F) - MAURANGES (P) - ROEDERER (Y) (1982) - "Projet de relance d'une brigade de reboisement. Première partie : Bilan de la croissance des plantations d'Okoumé, techniques sylvicoles préconisées." C.T.F.T - 51 p.
- MALAGNOUX (M) (1985) - "Projet d'afforestation et d'aménagement forestier en zone de savanes côtières au Gabon. Rapport d'identification." C.T.F.T, 1985 - 42 p.
- MARIAUX (A) (1970) - "La périodicité de la formation des cernes dans le bois de l'Okoumé." Bois et Forêts des Tropiques, - n° 131 p 37-50.
- MARTIN (D) - CHATELIN (Y) - COLLINET (J) - GUICHARD (E) - SAGA (G) (1981) - "Les sols du Gabon. Pédogénèse, répartition et aptitudes." Cartes au 1/200.000. Notice explicative n° 92. O.R.S.T.O.M. Paris.
- MOUTSINGA (J.B) (1991) - "Etude de quelques sols d'Oyan (Estuaire)." - I.R.A.F - 73p.
- NICOLAS (P). (1977) "Contribution à l'étude phytogéographique de la forêt du Gabon." - Laboratoire de sociologie et de géographies africaines.
- OTTORINI (J.M) (1975) - "En marge du calcul des tables de production dans le sud-est de la France." - Nancy : I.N.R.A.- Station de sylviculture. - 21 p. (document n° 75 FM 05).
- OTTORINI (J.M) (1975) - "Tables et fonctions de production." - Nancy : I.N.R.A.- station de sylviculture.- 15 p. (document n° 75 FM 06).
- PARDE (J) - BOUCHON (J) (1988) - "Dendrométrie." - ENGREF éditions, 328 p.

- POURTIER (R) (1989) - "Le Gabon. - tome II - Etat et développement." - Editions l'Harmattan. Paris.
- RIOU-NIVERT (Ph) (1981) - "Un exemple de plantation mélangée Epicéa/Douglas dans l'aisne." - Bulletin de la vulgarisation forestière, n° 7, pp.44-51
- ROLLET (B) (1973) - " L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine."- C.T.F.T- Nogent sur Marne, 298 p.
- SAINT AUBIN (de) (G) (1963) - "La forêt du Gabon." - C.T.F.T.
- SCHWARTZ (D) (1991) - "Les savanes incluses du Mayombe congolais - Origine et évolution." O.R.S.T.O.M. Congo actualités n° 3, juillet 1991.
- VANNIERE (B) (1971) -"Projet de développement forestier du Gabon. Etudes d'aménagement. Diamètre et valeur des Okoumés." C.T.F.T/F.A.O. - 32 p.
- WALKER (A) - SILLANS (R) (1961) - "Les plantes utiles du Gabon." - Editions Lechevalier, Paris.

ANNEXE I :

Fiche de parcelle du projet savanes côtières

PROJET SAVANE COTIERE - GABON

Etat des arbres au 27.05.91 - campagne de mesures no 4

mesure des circonférences (6660 et 7770 : codes - 8880 : arbre non mesurable - 8881 : oubli de mesure - 9990 : arbre mort naturellement - 9991 : arbre mort en éclaircie)

parcelle : 1 carre : 1

arbre es	coord	15.09.87	15.09.88	16.09.89	19.09.90	:	arbre es	coord	15.09.87	15.09.88	16.09.89	19.09.90
1 01	037-220	2 3 1315	2 3 1320	2 3 1330	2 3 1330	:	2 01	122-217	1 2 1160	1 2 1180	1 2 1205	1 2 1215
3 01	171-154	3 3 1030	3 3 1035	1 3 1040	4 3 1075	:	4 04	-	0 0 915	0 0 920	3 0 935	3 0 945
5 01	147-125	1 2 1510	1 2 1525	1 2 1545	1 2 1565	:	6 01	145-127	1 2 1290	1 2 1310	1 2 1330	1 2 1340
7 01	096-101	1 3 1850	1 3 1880	1 3 1925	1 3 1960	:	8 03	-	0 0 955	0 0 960	3 0 955	3 0 955
9 03	-	3 0 1030	3 0 1035	3 0 1035	3 0 1040	:	10 03	-	3 0 810	3 0 815	3 0 815	3 0 815
11 02	-	3 0 660	3 0 665	3 0 680	3 0 680	:	12 02	-	3 0 665	3 0 665	3 0 670	3 0 680
13 01	172-040	1 3 1455	1 3 1465	1 3 1485	1 3 1490	:	14 04	-	3 0 770	3 0 780	3 0 785	3 0 780
15 13	-	0 0 1050	0 0 1055	3 0 1060	3 0 1060	:	177 03	-	3 0 865	3 0 875	3 0 885	3 0 885
325 25	-	3 0 645	3 0 645	3 0 640	3 0 640	:	326 16	-	3 0 305	3 0 305	3 0 305	3 0 310
327 25	-	3 0 495	3 0 495	3 0 495	3 0 495	:	328 04	-	3 0 365	3 0 370	3 0 380	3 0 385
329 04	-	3 0 470	3 0 470	3 0 475	3 0 470	:	330 07	-	3 0 465	3 0 465	3 0 480	3 0 490
331 16	-	3 0 455	3 0 460	3 0 465	3 0 470	:	332 04	-	3 0 435	3 0 425	3 0 430	3 0 430
333 11	-	3 0 530	3 0 530	3 0 535	3 0 535	:						

ANNEXE II

ESPECES RENCONTREES DANS LES PARCELLES

Code	Nom local	Nom scientifique	Famille
01	Okoumé	<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre	Burseracées
02	Ozouga	<i>Sacoglottis gabonensis</i> Urb	Humiriacées
03	Okala	<i>Xylopi aethiopica</i> A.Rich	Annonacées
04	Angoa	<i>Erismadelphus exsul</i> Mildbr.	Vochysiacées
05	Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i> A.Chev.	Césalpiniées
06	Niove	<i>Staudtia gabonensis</i> Warb.	Myristicacées
07	Eveuss	<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	Irvingiacées
08	Fromager	<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.	Bombacacées
09	Kevazingo	<i>Guibourtia pellegriniana</i> J.Leon.	Césalpiniées
10	Noisetier	<i>Coula edulis</i> Baill.	Olacacées
11	Ahienebe	<i>Anthocleista nobilis</i> G.Don	Myrtacées
12	Ossol	<i>Symphonia globulifera</i> L.f	Guttifères
13	Ewolgue	<i>Bridelia micrantha</i> Baill.	Euphorbiacées
14	Eyoum	<i>Dialium pachyphyllum</i> Harsm	Cesalpiniées
15	Evino	<i>Vitex pachyphylla</i> Bak.	Verbenacées
16	Mvouma	<i>Xylopi quintasii</i> Engl. & Diels	Annonacées
17	Owoui	<i>Hexalobus crispiflorus</i> A.Rich.	Annonacées
18	Endone	<i>Pausinystalia johimbe</i> Pierre	Rubiacees
19	Djimbo	<i>Gluema ivorensis</i> Aubr. & Pelleg.	Sapotacées
20	Ebam	<i>Picralima nitida</i> Th. & H.Dur.	Apocynacées
21	Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i> Warb.	Myristicacées
22	Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.	Papilionacées
23	Manguier	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiacees
24	Akounge	<i>Anthothona fragans</i> Exell & Hillcoat	Césalpiniées
25	Nssa	<i>Maprounea membranacea</i> Pax & Hoffm.	Euphorbiacées
26	Ngorangoran	<i>Caloncoba glauca</i> Gilg.	Flacourtiacées
27	Andok	<i>Irvingia gabonensis</i> Baill.	Irvingiacées
28	Medzimkogho	<i>Psychotria gabonica</i> Hiern	Rubiacees
29	Domélé	non identifié et en herbier	
30	Assongho	<i>Anthostema aubrianum</i> Baill.	Euphorbiacées
31	Rikio	<i>Uapaca heudelotii</i> Baill.	Euphorbiacées
32	Bahia	<i>Hallea ciliata</i> Aubrev. & Pellegr.	Rubiacees
33	Parassolier	<i>Musanga cecropioides</i> R.Br.	Moracées
34	Ebé	<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.	Mimosacées
35	Otounge	<i>Polyata suaveolens</i> Engl. & Diels	Annonacées
36	Nstua	<i>Xylopi staudtii</i> Engl.	Annonacées
37	Olonvogho	<i>Fagara macrophylla</i> Engl.	Rutacées
38	Etom	<i>Syzygium</i> spp.	Myrtacées
39	Akok	<i>Rabdophyllum</i> spp.	Ochnacées
40	Akok 1er	<i>Baphia</i> spp.	Papilionacées

Code	Nom local	Nom scientifique	Famille
41	Ebo	<i>Santiria trimera</i> Aubrev.	Burséracées
42	Afo	<i>Poga oleosa</i> Pierre	Rhizophoracées
43	Oléne	<i>Irvingia grandifolia</i> Engl.	Irvingiacées
44	Onié	<i>Garcinia kola</i> Heck.	Guttifères
45	Izombé	<i>Testulea gabonensis</i> Pellegr.	Ochnacées
46	Angueuk	<i>Ongokea gore</i> Pierre	Olacacées
47	Colatier	<i>Cola nitida</i> A.Chev.	Sterculiacées
48	Danga	<i>Diospyros</i> sp.	Ebenacées
49	Evam	<i>Anopyxis</i> spp.	Rhizophoracées
50	CODE REGROUPANT LES ESPECES NON IDENTIFIEES		
51	Atuigne	<i>Harungana madagascariensis</i> H.J.Lam	Hypéricacées
52	Avié	<i>Memecyclon</i> sp.	Mélastomatacées
53	Mebimengone	<i>Omphalocarpum elatum</i> Miers	Sapotacées
54	Mbang	<i>Chrysobalanus</i> spp.	Chrysobalanacées
55	Ekoune	<i>Coelocaryon preusii</i> Warb.	Myristicacées
56	Dabema	<i>Piptadeniastrum africanum</i> Brenan	Mimosacées
57	Oyemtsué	<i>Rauwolfia vomitoria</i> Stapf.	Apocynacées
58	Ovangkol	<i>Guibourtia ehie</i> J.Leon.	Césalpiniées
59	Okip	<i>Ctenolophon englerianus</i> Mildbr.	Ctenolophonacées
60	Nkourangueuk	<i>Hannoa klaineana</i> Pierre	Simaroubacées
61	Fo	<i>Parinari</i> spp.	Rosacées
62	Adzem	<i>Psilanthus</i> sp.	Rubiacées
63	Ekoulebang	<i>Maranthes glabra</i> Prance	Chrysobalanacées
64	Engokom	<i>Barteria fistulosa</i> Mast	Passifloracées
65	Sabifout	<i>Maesobotrya dusenii</i> Hutch.	Euphorbiacées
66	Okebenze	<i>Ouratea</i> sp.	Ochnacées
67	Ka	<i>Dischostemma glaucescens</i> Pierre	Euphorbiacées
68	Bilogobikele	<i>Scottellia kamerinensis</i> Gilg	Euphorbiacées
69	Ngonongu	<i>Beilschmiedia</i> spp.	Lauracées
70	Etou	<i>Treculia africana</i> Decne	Moracées
71	Nka	<i>Pteleopsis hylodendron</i> Mildbr.	Combrétacées
72	Ossel	<i>Sapium ellipticum</i> Pax	Euphorbiacées
73	Ntom	<i>Pachypodanthium staudtii</i> Engl.Diels	Annonacées
74	Ossomedzo	<i>Newbouldia laevis</i> Seem.	Bignoniacées
75	Ossong	Non identifié et en herbier	
76	Engong	Non identifié et en herbier	
77	Engokom	<i>Barteria</i> sp.	Passifloracées
78	Mtsua	<i>Xylopia rubescens</i> Oliv.	Annonacées
79	Mussafugundu	<i>Trichilia gillettii</i> De Wilde	Méliacées
80	Athiaghe	<i>Discoglyprena caloneura</i> Prain	Euphorbiacées

ANNEXE III :

Modélisation des faisceaux de courbes des
analyses de tiges avec le modèle de Weibull.

1 - Présentation du modèle.

Le modèle s'écrit $Ht = a. (1 - e^{(-b \cdot t)^c})$

avec Ht = hauteur totale de l'arbre.

t = âge de l'arbre.

a , b et c des constantes.

e l'exponentiel.

2 - Résultats.

Traitées avec l'aide du logiciel STATITCF, les données des deux faisceaux donnent les résultats suivants :

Faisceau n°1, bas de pente :

$$Ht = 47,162. (1 - e^{(-0,055 \cdot t)^{1,020}})$$

coefficient de détermination $R^2 = 0,99$

écart-type résiduel = 1,7226, 441 degrés de liberté.

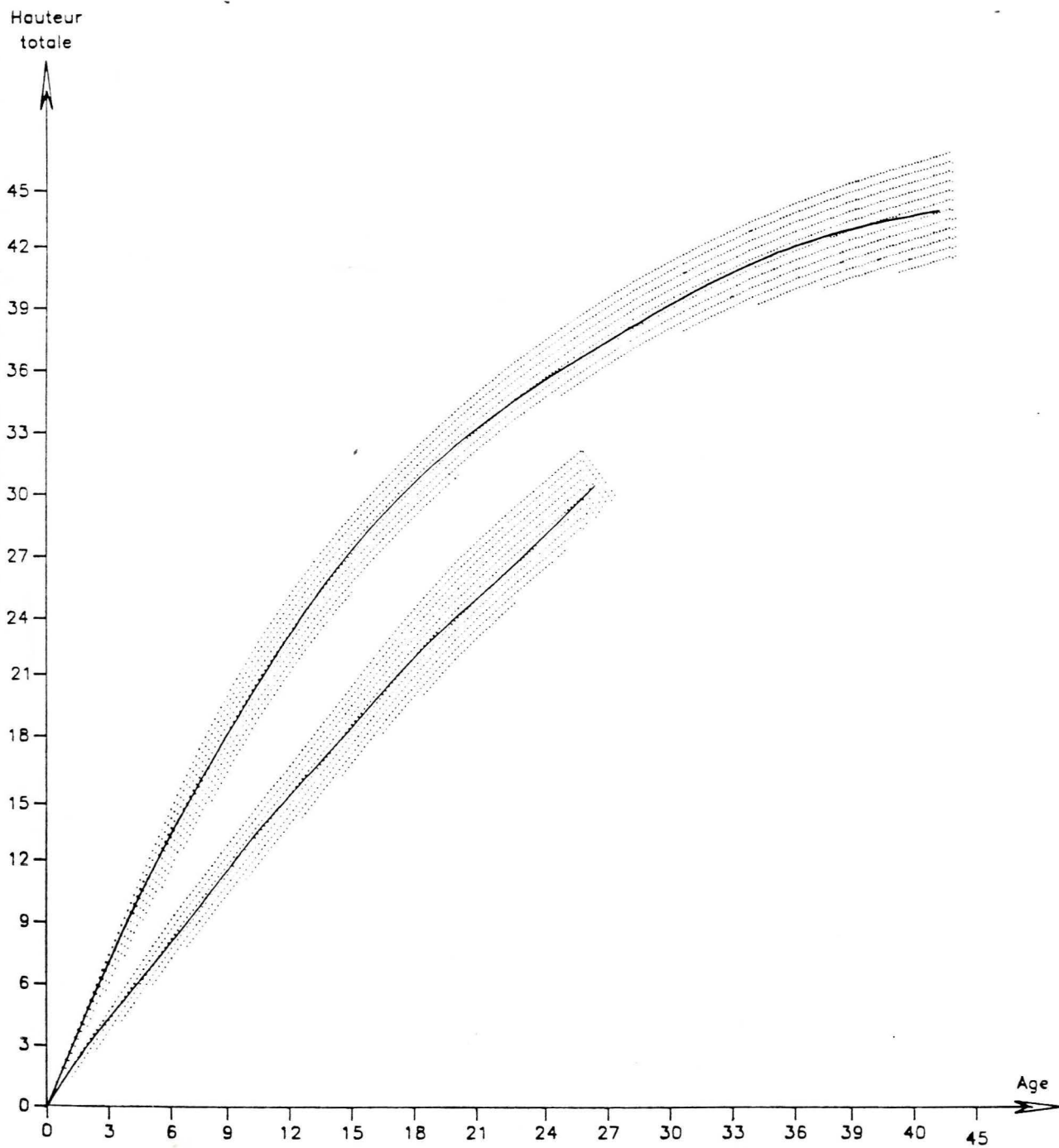
Faisceau n°2, plateaux :

$$Ht = 48,337. (1 - e^{(-0,017 \cdot t)^{1,250}})$$

coefficient de détermination $R^2 = 0,99$

écart-type résiduel = 2,047, 216 degrés de liberté.

Figure n° 35 : représentation graphique des deux régressions.



RESUME

L'Okoumé, *Aucoumea klaineana* Pierre, essence dominante du Gabon, par son tempérament pionnier a la particularité de former des peuplements purs.

Très abondants dans la région du Sud-Estuaire, ces peuplements relativement mal connus, n'ont été étudiés que d'une façon empirique.

Avant un aménagement basé sur la méthode d'amélioration des peuplements naturels, il convient de faire le point sur leur évolution.

A partir d'un réseau de parcelles permanentes en place depuis 1987 et d'un programme d'analyse de tiges sans précédent, nous avons pu étudier l'évolution de la composition floristique, de la structure et des paramètres dendrométriques. L'histoire de tous ces peuplements a été retracée, mais l'objectif final de l'étude est la construction d'une table de production pour l'ensemble des peuplements naturels de la région.

Les résultats obtenus servent d'analyse et de point de départ pour un aménagement du Sud-Estuaire.